صنـاعة الجـبن
Cheese making

١ – مقدمة

يتعرض اللبن فى صناعة الجبن لمعاملات مختلفة تهدف إلى إنتاج جبن مرتفع الجودة من خلال تحسين الصفات الطبيعية والكيماوية والميكروبيولوجية للبن الجبن . يعتبر محصول وجودة الجبن الناتج على جانب كبير من الأهمية فى صناعة الجبن والذى يتوقف على تركيب اللبن وخاصة محتواه من الدهن والكازين وكفاءة عملية تحويل اللبن إلى جبن . يتأثر القوام والتركيب البنائى للجبن الناتج بتركيب اللبن والمعاملات التكنولوجية المختلفة التى تمت فى صناعة الجبن . تعديل الصفات الطبيعية والكيماوية والميكروبيولوجية للبن الجبن يساعد على تحسين كفاءة العمليات التصنعية المتبعة فى إنتاج الجبن لضمان إنتاج أنواع من الجبن تتميز بصفات خاصة بهذا النوع من الجبن مع صفات جودة مرتفعة .

الشكل (١–٥) يبين خطوات صناعة الجبن بصفة عامة والمعاملات التكنولوجية المختلفة التى يتعرض لها كل من اللبن والخثرة خلال عملية الإنتاج والتى تؤدى فى النهاية إلى ناتج ذات صفات جودة كيماوية وميكروبيولوجية وحسية جيدة تساعد على قابليته للأستهلاك مع حماية المستهلك من أى مخاطر صحية .

٢– اعداد اللبن فى صناعة الجبن

٢–١– استلام وتخزين اللبن

بعد اجراء الأختبارات الروتينية لأستلام اللبن عند وصوله إلى المصنع يتم تجميع اللبن فى خزانات كبيرة مبردة حيث يخزن اللبن فى معظم مصانع الجبن لفترات قصيرة أو طويلة تحت درجات حرارة منخفضة لتثبيط نمو الميكروبات واطالة فترة حفظ اللبن طبقاً لنظام العمل والطاقة الإنتاجية للمصنع . ويعتبر تخزين اللبن من العمليات الهامة وخاصة فى المصانع الكبيرة حيث يخزن فى خزانات كبيرة تحت درجات حرارة منخفضة . وقد تجرى عملية تسوية للبن بإضافة البادىء فى خزانات التخزين قبل نقله إلى أحواض تصنيع الجبن.

اللازمة ، خلط اللبن مع دفعات أخرى من إنتاج مزارع مختلفة ، تعديل تركيب اللبن وغيرها من المعاملات الأخرى الضرورية .

اللبن الخام

ترشيح / تنقية / Bactofugation / تجنيس / معاملة حرارية / تعديل تركيب اللبن

حوض صناعة الجبن

اضافة البادىء/الملون/$CaCl_2$/ الأملاح المثبطة /الأملاح الحامضية / المستحضرات الأنزيمية/المواد المجبنة

الخثرة

تقطيع/تقليب/سمط

خثرة/شرش

تعبئة في القوالب/صرف الشرش كليا أو جزئيا/غسل الخثرة/ تمليح/تقليب/صرف الشرش/طحن الخثرة/تكوين التركيب البنائى texturization

الجبن

كبس/تمليح (رطب/جاف) / تقليب/غسل سطح الجبن/تلقيح سطح الخثرة smearing/اضافة البادىء المساعد

التسوية

تقطيع/تعبئة وتغليف

التسويق

شكل ١-٥ : خطوات صناعة الجبن

يجب أن تكون الخزانات مصنوعة من مادة يسهل تنظيفها كما أن ملحقات الخزانات من مضخات وخطوط أنابيب لنقل وتوصيل اللبن يجب أن تكون مصممة بحيث

لا تكون مصدراً لتلوث اللبن بالميكروبات . كما يجب أن تكون الخزانات معزولة لعدم فقد أو كسب حرارة والمحافظة على درجة حرارة اللبن ثابتة طول فترة التخزين ، وفى بعض الأحيان قد يكون ملحق بهذه الخزانات وحدات تبريد لتبريد محتوى هذه الخزانات . كما يجب أن تكون الخزانات مزودة بمقلبات أتوماتيكية لتقليب اللبن فى هذه الخزانات لمنع صعود الدهن على السطح وتكوين طبقة القشدة .

وفى حالة الخزانات الكبيرة والتى تصل إلى ١٥٠٠٠ - ٢٥٠٠٠ جالون لبن فأنه يصعب تنظيفها بأستخدام الطرق التقليدية لذلك يجب أن يزود بنظام التنظيف المكانى in-place cleaning system (CIP) . يجب تنظيف الخزانات بعد كل تفريغه وقبل اعادة ملئه باللبن حتى لا يحدث تلوث للدفعة الثانية من لبن الدفعة السابق تفريغها من الخزان . ويجب شطف الخزانات بالماء بدرجة كافية لأزالة بقايا اللبن ثم ينظف بأستخدام محاليل تنظيف مناسبة ثم تشطف وتعقم . يجب عدم استخدام الحرارة فى معاملة الخزانات الكبيرة إلا فى حالة الضرورة لرفع كفاءة عملية التنظيف نظراً لأن جسم الخزان يكتسب بعض الحرارة والتى يجب التخلص منها قبل ملأ الخزان باللبن البارد مرة أخرى . تعقيم هذه الخزانات بالبخار يجب أن تتم فقط فى حالات الضرورة لذلك حيث أن التعقيم بالكيماويات هى الطريقة التقليدية فى هذا المجال .

عادة يحفظ اللبن عند درجة ٥°م . حفظ اللبن عند درجات أعلا من ذلك يؤدى إلى زيادة اعداد البكتريا بدرجة أسرع . فى اللبن المخزن عند ٧°م فإن أعداد البكتريا بعد ٢٤ ساعة من المحتمل أن تصل إلى عدة أضعاف أعدادها إذا خزن عند ٢°م ، لذلك فإن درجة الحرارة المثلى لتخزين اللبن ٤°م كما يتضح من جدول (١-٥) .

يجب أن تكون المقلبات قادرة على تقليب كمية اللبن كلها من أعلا إلى أسفل لمنع تكوين طبقة القشدة ، لذلك فإن وضع وأتجاه المقلب على جانب كبير من الأهمية .

ولتجنب الأضرار التى تحدث للبن نتيجة التقليب الزائد أثناء التخزين طول الليل فإنه يجب أن تعمل المقلبات أتوماتيكياً لفترات قصيرة متقطعة أفضل من التقليب المستمر . قد يستخدم التقليب بأستخدام تيار هواء بارد فى بعض المصانع ، هذه الطريقة قد تحدث بعض الأكسدة للدهن وتسبب أرتفاع فى درجة الحرارة إذا كان الهواء دافئاً .

التقليب المناسب للبن الجبن فى خزانات التخزين على جانب كبير من الأهمية لأنه عندما يوزع اللبن الموجود فى الخزان على عدد من أحواض الجبن فإن لبن بعض الأحواض قد يكون نسبة الدهن فيه مرتفعة عن اللبن فى الأحواض الأخرى . ويمكن أن يحدث ذلك عندما تستخدم خزانات التخزين فى تسوية اللبن بالبادىء ثم يوزع على أكثر

من حوض من أحواض الصناعة بدون عناية كافية ، لأتمام التجبن وأستكمال خطوات الصناعة .

جدول ١-٥ : اعداد البكتريا فى اللبن عند درجات حرارة مختلفة

درجة الحرارة (°م)	عدد البكتريا (PC) عند ٢٤ ساعة
٠,٥	٧٢٠٠
٢,٠	٧٣٠٠
٤,٠	٧٥٠٠
٥,٥	٧٨٠٠
٧,٠	٩٠٠٠
٩,٠	١٥١٠٠
١٠,٥	٢٥٠٠٠
١٢,٠	٥٦٠٠٠

تخزين اللبن عند درجات حرارة منخفضة قد يؤثر على صناعة الجبن نتيجة التأثير الطبيعى على ذوبان بعض شقوق الكازين من جسيمات الكازين وكذلك تحلل الكازين والدهن بواسطة أنزيمات يكون مصدرها فى اللبن أساساً البكتريا المقاومة للبرودة psychrotrophic bacteria وأيضاً من الخلايا السوميتية somatic cells أو من الدم .

اللبن المخزن عند ٤°م أو ٧°م يحتوى على نسبة مرتفعة من الكازين الذائب يكون أبطأ فى التجبن مع فقد أكبر من الدهن والخثرة (الدقائق الصغيرة من الخثرة) فى الشرش وخثرة أضعف ومحصول أقل مقارنة باللبن المخزن عند ١٠ - ٢٠°م ، مما يدل على أن الكازين الذائب قد لا يندمج فى شبكة الخثرة . تأثير التخزين على درجات حرارة منخفضة يمكن أستعادته جزئيا على الأقل وذلك بحفظ اللبن عند درجة ٦٠ - ٦٥°م الذى يؤدى إلى تقليل وقت التجبن وتحسين صفات الخثرة .

٢-١-١- تأثير البكتريا المقاومة للبرودة والمعاملة الحرارية

تخزين اللبن الخام فى خزانات أسطوانية كبيرة silos فى مصانع الألبان الكبيرة عند درجات حرارة بين ٦-١٠°م يشجع من نمو أنواع معينة من البكتريا المقاومة للبرودة psychrotrophic bacteria . هذه البكتريا تستطيع أن تنمو عند درجات حرارة أقل من ٧°م بالرغم من أن درجات حرارة النمو المثلى لها تقع بين ٢٠-٣٠°م . توجد هذه

البكتريا فى خزانات اللبن المبرد وتكون أساساً بكتريا سالبة لجرام من أجناس *Achromobacter, Pseudomonas , Enterobacter, Alcaligenes* لكن أمكن عزل بكتريا موجبة لجرام من جنس *Bacillus* . معظم البكتريا المقاومة للبرودة يقضى عليها بالبسترة ولكنها تفرز أنزيمات خارج الخلايا تكون مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة وقادرة على مقاومة البسترة (HTST) . أهم هذه الأنزيمات بالنسبة لصناعة الجبن هى أنزيمات البروتينيز والليبيز التى تؤدى إلى تحلل كل من البروتين والدهن على التوالى .

ومن المعتقد أن أنزيمات البروتينيز المقاومة للحرارة تكون مسئولة عن انخفاض محصول الجبن نتيجة تحلل البروتين مما يسبب فقد مواد نيتروجينية فى الشرش . فى صناعة الجبن الطرية وجد أن أعداد البكتريا المقاومة للبرودة $١٠^{٦}$ cfu/مل من اللبن تكون مسئولة عن انخفاض محصول الجبن بحوالى ٥٪ نتيجة تحلل البروتين . فى صناعة جبن Cottage يكون الفقد في المحصول محسوساً فقط عندما يصل العدد الكلى للبكتريا إلى $١٠^{٦}$ cfu / مل ويكون مرتبطاً بزيادة NPN الناتجة من تحلل البروتين . عندما تصل أعداد البكتريا إلى $١٠^{٨}$ cfu / مل فإن التجبن يحدث بمعدل أكثر بطأ وتكون خثرة جبن Cottage أكثر طراوة ،كما أن هذا المستوى من نمو البكتريا يسبب فقداً كبيراً فى المحصول . نمو البكتريا المقاومة للبرودة فى اللبن تسبب أيضاً انخفاضاً كبيراً فى محصول جبن التشدر . ومع ذلك فإن أعداد البكتريا المقاومة للبرودة الموجودة فى اللبن الخام المخزن تحت الظروف العملية من غير المحتمل أن تسبب فقداً كبيراً فى المحصول . وقد وجد أن محصول جبن التشدر لا يتأثر بنمو البكتريا المقاومة للبرودة عند مستوى $١٠^{٦}$ cfu /مل ولكن أعداد أكبر تصل إلى $١٠^{٧}$ cfu /مل يسبب انخفاضاً فى محصول الجبن .

لتقليل نمو البكتريا المقاومة للبرودة أثناء تخزين اللبن لصناعة الجبن فإنه يمكن تعريض اللبن لمعاملة حرارية أو تخزينه عند درجة حرارة أقل من ٦°م . جبن التشدر المصنوعة من اللبن خزن عند ٢°م لمدة ٤ أيام يحتوى على صفات طعم أفضل من الجبن المصنع من لبن خزن عند ٦°م والتخزين عند درجات حرارة أقل لا يسبب انخفاضاً فى محصول الجبن .

أنزيمات الليبيز الناتجة من البكتريا المقاومة للبرودة التى تقاوم البسترة قد تسبب زناخة rancidity فى جبن التشدر ، فى الجبن الهولندية وجبن الكممبير .

بالإضافة إلى التغيرات فى ميكروفلورا اللبن نتيجة التخزين تحت درجات التبريد فإنه قد يحدث تغيرات طبيعية – كيماوية فى الكازين . الكازين المتكون فى خلايا الغدد الثديية يوجد فى صورة ذائبة وفى صورة جسيمات . أثناء التخزين عند درجات حرارة منخفضة يزيد تركيز الكازين الذائب والذى يؤدى إلى انخفاض فى محصول الجبن ولكن وجد أن

تعريض اللبن لمعاملة حرارية قبل صناعة الجبن يمكن أن يقلل من هذا التأثير .

عموماً فإن أنخفاض محصول الجبن نتيجة أطالة فترة التخزين المبرد للبن يمكن تجنبه بمعاملة اللبن حرارياً thermization قبل التبريد والتخزين . التسخين إلى ٧٤°م لمدة ١٠ ثوان يؤدى إلى زيادة فى محصول الجبن بحوالى ٥٪ بعد تخزين اللبن على درجة ٣°م لمدة ٧ أيام . تسخين اللبن لدرجة ٦٥°م لمدة ١٥ ثانية قبل التخزين يحافظ على مستوى البكتريا المقاومة للبرودة عند مستويات مقبولة لمدة ٣ أيام متتالية . تخزين اللبن لفترات أطول أو تعريض اللبن لمعاملات حرارية أقل يؤدى إلى فقد فى المحصول والجودة . وجد أن محصول جبن الأيدام واللاميرجر قد أرتفع بحوالى ١,٥ - ٢٪ بالتسخين لدرجة ٧٣°م لمدة ٣٠ ثانية والتبريد إلى حوالى ٨ - ١٠°م ثم أعادة التسخين لدرجة ٦٧°م لمدة ٣٠ ثانية قبل التبريد طول الليل والبسترة . لذلك فإن تسخين اللبن قبل التخزين تحت درجات حرارة منخفضة قد يساعد على بقاء البكتريا المقاومة للبرودة عند مستوى أقل من المستويات التى تسبب مشاكل فى صناعة الجبن ، خاصة إذا كان درجة حرارة التخزين عند ٦ - ٧°م بدلاً من ٢°م .كما يحتمل أيضاً أن المعاملة الحرارية الأكثر أرتفاعاً قد تؤدى إلى تحسين الجودة الميكروبيولوجية أكثر من حدوث تفاعل بين بروتينات الشرش والكازين .

٢-٢- الترشيح

تحصل مصانع الجبن على ما تحتاجه من ألبان من مصادر مختلفة تختلف فى درجة جودة ونظافة ألبانها . وقد تحتوى هذه الألبان على أوساخ وشوائب وبعض المواد الغريبة التى قد تصل إلى اللبن من البيئة المحيطة بعملية الإنتاج (الجو ، الحيوان ، العمال ، الأدوات المستعملة فى الأنتاج ، العليقة ....) لذلك يجب أن يمرر اللبن خلال مرشحات لإزالة هذه الأوساخ والشوائب المرئية . تتميز عملية الترشيح filtration بالسهولة والبساطة وقلة التكاليف وعادة يستخدم قطن أو قماش ترشيح ضيق الثقوب مناسباً لإزالة الشوائب والأوساخ المرئية ولكنها لا تزيل كرات الدم البيضاء التى قد تكون موجودة فى اللبن طبيعياً وقد تجرى عملية ترشيح اللبن على البارد أو الساخن . ويفضل كثير من المعامل عملية ترشيح اللبن على البارد حيث لا يلزم عملية تسخين لرفع درجة حرارة اللبن قبل الترشيح مما يؤدى إلى تقليل التكاليف كما أن كثير من الشوائب والمواد الغريبة توجد على غير ذائبة على درجة حرارة منخفضة وبذلك يسهل فصلها بالترشيح . قد تلجأ المصانع إلى تدفئة اللبن قبل عملية الترشيح إذا كانت نسبة الدهن فى اللبن ٤٪ أو أعلا لزيادة سرعة أنسياب اللبن خلال المرشحات .

من الضرورى تغيير قماش أو قطن الترشيح من وقت لآخر أثناء عملية الترشيح لأستمرار كفاءة عملية الترشيح . فى المصانع الكبيرة يفضل وجود وحدتين على الأقل لضمان عدم توقف العمل أثناء تغيير قماش الترشيح . وقد وجد أن الترشيح لا يؤثر على عدد البكتريا فى اللبن لذلك فإن عملية الترشيح تعتبر عملية تنظيف للبن cleaning milk .

٢-٣- التنقية

المنقيات clarifiers عبارة عن أجهزة تعمل على إزالة الشوائب والقاذورات التى يصعب إزالتها فى عملية الترشيح بأستخدام قوة الطرد المركزى عند سرعة ٦٠٠٠ دورة فى الدقيقة أو أعلا . تزيل المنقيات جميع الشوائب الدقيقة الموجودة فى اللبن والتى يكون وزنها النوعى أعلا من ١,٠٣٢ (أى أعلا من كثافة اللبن) وتشمل القاذورات والخلايا ومجاميع البكتريا الكبيرة clumps .

تشبه المنقيات فرازات اللبن ما عدا المخروط bowl حيث تتميز أقراص المنقى بأن قطرها يكون أصغر وبذلك يحتوى المنقى على مساحة أكبر تتراكم فيه القاذورات والشوائب الموجودة فى اللبن . الثقوب التى توجد فى الأطباق لتوزيع اللبن تكون قريبة من حوافها بينما فى حالة الفراز تكون قريبة من مركز الأطباق كما توجد فتحة واحدة لخروج اللبن بعد تنقيته بخلاف الفراز حيث توجد فتحتان أحدهما لخروج القشدة والأخرى لخروج اللبن الفرز .

يدخل اللبن عند درجة حرارة ٣٢-٣٨°م إلى مخروط المنقى من نقطة قريبة من حواف الأطباق ويدفع إلى الداخل فى أتجاه رأسى بين الأقراص حيث تنفصل المواد الغريبة التى تكون أثقل من مكونات اللبن بتأثير قوة الطرد المركزى إلى الحيز الخارجى للأطباق حيث تتراكم وتكون ما يعرف بحول المنقى slime الذى يتكون من المواد الغريبة فى اللبن ، البروتين ، الدهن ، فوسفات الكالسيوم وغيرها من الأملاح المعدنية وكرات الدم البضاء والبكتريا (جدول ٢-٥) . تختلف كمية وحل المنقى بأختلاف كمية المواد الغريبة ، مرحلة الحليب ، حموضة اللبن ، درجة حرارة التنقية ومدة عملية التنقية .

تقوم عملية التنقية بالتخلص من كرات الدم البيضاء والبكتريا بدرجة كبيرة وقد وجد أن عدد كرات الدم البيضاء تختلف من ١,٣ - ٣ مليون لكل جرام من وحل المنقى بمعدل أنخفاض يصل إلى حوالى ٤٠٪ فى اللبن . كما وجد أن عدد البكتريا فى وحل المنقى يتراوح من ٩٠٠ إلى ٧٥٠ مليون/جرام .

توجد عدة طرق لإزالة البكتريا بأستخدام قوة الطرد المركزى . فقد وجد أن التنقية

عند سرعة عالية (٢٠,٠٠٠ لفة فى الدقيقة) يؤدى إلى إزالة ٨٥ - ٩٣٪ من عدد البكتريا فى اللبن ويتوقف ذلك على نوع البكتريا الموجودة . تختلف كثافة البكتريا من ١,٠٧ إلى ١,١٣ التى تؤثر على نسبة التخلص من نوع معين من البكتريا .

جدول ٢-٥ : متوسط تركيب وحل المنقى

	(٪)	(٪) في المادة الجافة
الرطوبة	٧٣,٢	
الليبيدات	٣,٣	٢,٤ - ١٣,٦
البروتين	١٧,٨	٥٢,٠ - ٦٦,٠
مواد صلبة عضوية	٢,٦	
الرماد	٣,٠	٩,٧ - ١٣,٦

حجم القاذورات التى يتم إزالتها فى عملية التنقية تكون أكبر حجماً من التى أزيلت فى عملية الترشيح من نفس حجم اللبن مما يدل على كفاءة عملية التنقية فى إزالة الشوائب والقاذورات. ومع ذلك فإن عملية التنقية غير أقتصادية من حيث الإنشاء والتشغيل لذلك فإن كثير من المصانع لا يلجأ إلى التنقية إلا فى حالات الضرورة .

تؤدى عملية التنقية إلى تفتيت كتل البكتريا bacterial clumps فى اللبن مما يؤدى إلى أرتفاع أعداد البكتريا فى اللبن مقارنة باللبن قبل التنقية بالرغم من عدم وجود زيادة حقيقية فى أعداد البكتريا . ومع ذلك فإن البعض يعتقد أن عملية التنقية تحسن من نمو البكتريا حيث تكون الظروف افضل لنمو البكتريا بعد تفتيت تجمعاتها التى تعمل على زيادة الحموضة فى اللبن حيث يتخمر اللبن ويتجبن بدرجة أسرع من اللبن غير المنقى مما دفع كثير من صانعى الجبن إلى عدم استخدام التنقية للبن فى صناعة الجبن . ومع ذلك فقد تم تطوير فكرة المنقى إلى ما يعرف " Bactofuge " الذى يعمل على إزالة البكتريا بأستخدام قوة الطرد المركزى وتعرف هذه العملية بالـ "Bactofugation " .

الهدف من هذه العملية هو التخلص من البكتريا والجراثيم الموجودة فى اللبن وقد أستخدمت هذه العملية بنجاح فى صناعة الجبن . الجدول (٣-٥) يوضح تأثير عملية bactofugation على إزالة البكتريا المختلفة من اللبن .

يعمل bactofuge على الأساس الذى يعمل عليه المنقى عند سرعة ٦٠٠٠ دورة فى الدقيقة وتستخدم درجة حرارة ٥٦ - ٥٧°م . يستخدم bactofugation فى تحسين

الجودة الميكروبيولوجية للبن ويستفاد من ذلك فى صناعة الجبن من اللبن الخام . كما يمكن أستخدام هذه العملية فى التخلص من جراثيم *C.tyrobutyricum* . هذه العملية تؤدى إلى خفض أعداد الجراثيم بدرجة كبيرة حيث يمكن أن تصل أعدادها إلى حوالى ٣٪ من العدد الأصلى . راسب bactofuge والذى يعرف بالـ bactofugate يحتوى على الجراثيم وكذلك الكازين (٢,٥٪ من بروتين اللبن) الذى يؤدى إلى خفض فى محصول الجبن يصل إلى ٦٪ . لذلك فإن هذا الراسب يتم تعقيمه أو تعريضه لمعاملة حرارية تعادل UHT للقضاء على الجراثيم ثم يضاف مرة أخرى إلى اللبن دون أن يؤثر على جودة الجبن ، الدنترة المصاحبة لبروتينات السيرم تكون بدرجة بسيطة مقبولة لا تؤثر على صفات الجبن الناتج .

جدول ٣-٥ : نسبة الأنخفاض فى اعداد البكتريا المختلفة فى اللبن نتيجة عملية Bactofugation

	٪ للأنخفاض	
	فى اللبن المبستر	فى اللبن المبستر بعد bactofugation
العدد الكلى للبكتريا	٩٩,١٧	٩٩,٨٣
عدد البكتريا المتجرثمة الهوائية	١٣,٠٠	٧٧,٠٠
عدد البكتريا المتجرثمة اللاهوائية	صفر	٧٩,٠٠

فى بعض المصانع قد تتم عملية bactofugation بأستخدام جهازين bactofuge لزيادة كفاءة هذه العملية فى إزالة البكتريا المتجرثمة حيث يتم إزالة ٩٠٪ من البكتريا الموجودة فى اللبن بالجهاز الأول ثم يمرر اللبن بعد ذلك إلى الجهاز الثانى حيث يزيل ٩٠٪ من البكتريا المتبقية فى اللبن (التى تمثل ١٠٪ من البكتريا فى اللبن قبل عملية bactofugation) أى أن هاتين العمليتين تزيل ٩٩٪ من البكتريا وتعتبر هذه العملية ضرورية وناجحة فى صناعة الجبن واللبن المعقم إلا أنها عملية مكلفة .

٢-٤- التجنيس

تؤدى عملية تجنيس اللبن homogenization إلى تفتيت حبيبات الدهن إلى حبيبات أصغر فى الحجم من حوالى ٤ ميكرون إلى أقل من ١ ميكرون حيث يكون حوالى ٨٥٪ من حبيبات الدهن فى اللبن أقل من ٢ ميكرون (من ٢ إلى ٠,٠٢ ميكرون) مع زيادة فى مساحة سطح حبيبات الدهن تصل إلى ١٠ أضعاف على الأقل . التجنيس لا يؤدى إلى القضاء على الميكروبات وأنما يؤدى إلى تفتيت كتل البكتريا مما يؤدى إلى نمو أسرع

للبكتريا فى اللبن بعد التجنيس لذلك يحتاج الأمر إلى معاملة حرارية مناسبة بعد التجنيس لضمان عدم حدوث تغيرات غير مرغوبة فى اللبن وأيضاً لأتلاف أنزيم الليبيز حتى لا يحدث تحلل الدهن وظهور طعم زنخ .

يسبب تجنيس اللبن تغيرات فى الصفات الطبيعية للكازين تؤدى إلى إنتاج خثرة ضعيفة لذلك يفضل فرز اللبن إلى لبن فرز وقشدة ٢٠-٢٥٪ دهن حيث يتم تجنيس القشدة بمفردها ثم تعاد خلطها إلى اللبن الفرز مما يساعد على تكوين خثرة أكثر صلابة وعادة تجرى عملية التجنس على درجة ٦٨-٧٠°م .

بالرغم من أن عملية التجنيس قد تؤدى إلى زيادة ملموسة فى تكاليف عمليات صناعة الجبن إلا أنها تعتبر ضرورية فى صناعة بعض أنواع من الجبن لضمان صفات معينة فى الناتج النهائى كما فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese حيث أن التجنيس يسرع من تحلل الدهن أثناء التسوية وأكساب الجبن الطعم الحريف المميز لها . بالإضافة إلى ذلك فإن عملية التجنيس تعتبر ضرورية ومفيدة فى صناعة جبن القشدة Cream cheese وبعض أنواع من الجبن الطرية حيث تكون نعومة الجبن من الصفات الهامة .

يؤدى تجنيس اللبن إلى إنتاج خثرة أكثر نعومة عند مستوى معين من الدهن مع فقد أقل من الدهن فى الشرش . الجدول (٤-٥) يوضح تأثير التجنيس على حجم حبيبات الدهن وتركيب الجبن وفقد الدهن فى الشرش .

جدول ٤-٥ : تأثير التجنيس على حجم حبيبات الدهن ، تركيب الجبن وفقد الدهن فى الشرش

		الضغط المستخدم فى التجنيس	
	غير مجنس	٢٥٠٠ رطل/بوصة[٢]	٤٥٠٠ رطل/بوصة[٢]
عدد حبيبات الدهن المقاسة	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠
متوسط حجم حبيبات الدهن بالميكرون	٣,٨٨	١,٥٦	٠,٩٧
تركيب الجبن	خشن	ناعم	ناعم جداً
٪ الدهن المفقود في الشرش	٠,٩٨	٠,٠٨	٠,٠٥

هذا بالإضافة إلى أن التجنيس يؤدى إلى خفض قوة تماسك الخثرة curd tension نتيجة زيادة عدد حبيبات الدهن التى تمثل نقط ضعيفة فى الخثرة وكذلك إلى زيادة أدمصاص الكازين على سطح حبيبات الدهن بعد التجنيس مع أرتفاع قدرة الخثرة على الأحتفاظ بالرطوبة .

ومن الأمور الهامة أستخدام الضغط المناسب فى تجنيس اللبن لصناعة الجبن . استخدام ضغط مرتفع جداً يؤدى إلى تقليل فقد الدهن ولكن قد يؤدى أيضاً إلى تقليل مطاطية الخثرة وطرد الشرش بمعدل أبطأ .

فى صناعة جبن التشدر من لبن مجنس كان محصول الجبن أعلا نتيجة لزيادة فى قدرة الخثرة على الإحتفاظ بالرطوبة وأنخفاض معدل فقد الرطوبة بالبخر وكذلك أنخفاض معدل تسرب الدهن من الخثرة ولكن كانت درجات التحكيم متماثلة مع الجبن الناتج من لبن غير مجنس .

وعموماً فإن تجنيس اللبن المستخدم فى صناعة الجبن يؤدى إلى :-

أ - خفض فقد الدهن فى الشرش وبالتالى زيادة محصول الجبن .

ب - سرعة ظهور صفات الطعم المميز فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese الذى يعتمد على تحلل الدهن .

جـ - تحسين صفات تركيب texture الجبن الطرية ، جبن القشدة ، الجبن المعرقة بالفطر بإنتاج خثرة أكثر نعومة وأكثر ثباتاً .

د - أنتاج جبن ذات لون أكثر بياضاً من اللبن البقرى مماثل فى مظهرها للجبن الناتج من لبن الغنم أو الماعز .

٢-٥- معاملة اللبن بفوق أكسيد الأيدروجين والكتاليز

بالرغم من أن استخدام فوق أكسيد الأيدروجين والكتاليز H_2O_2-catalase treatment فى معاملة اللبن مسموح به فى صناعة الجبن فإنه نادراً ما تستخدم على نطاق تجارى . ويمكن أستخدامه كبديل للبسترة خاصة فى المناطق التى لا يتوفر فيها وسائل التسخين والتبريد ويتميز H_2O_2 بأنه غير شديد السمية بالإضافة إلى رخص ثمنه وسرعة التخلص منه بأستخدام أنزيم الكتاليز الذى يحلله إلى ماء وأكسجين وعادة يضاف إلى اللبن بنسبة ٠,٠٥ إلى ٠,٠٨٪ ويترك لمدة ٣٠-٦٠ دقيقة على درجة حرارة ٣٠°م للقضاء على الميكروبات غير المرغوبة ثم يضاف بعد ذلك كمية كافية من الكتاليز لاتلاف المتبقى منه فى اللبن .

بالرغم من أن أستخدام H_2O_2 غير مسموح به فى بعض الدول مثل الولايات المتحدة كبديل للبسترة حيث أنها لا تقضى على الميكروبات المرضية إلا أنه مسموح باستخدامه كمبيد للبكتريا bactericidal فى اللبن فى صناعة جبن التشدر بأنواعه المختلفة والجبن السويسرية . استخدام H_2O_2 فى اللبن يسمح بنمو بكتريا حمض اللاكتيك ولا

يؤدى إلى أتلاف أنزيمات الليبيز والبروتينيز فى اللبن . البكتريا المتجرثمة الهوائية أكثر مقاومة نسبياً وبكتريا حمض اللاكتيك أقل مقاومة بينما بكتريا القولون غير مقاومة للمعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين حيث يتم القضاء عليها .

يستخدم H_2O_2 فى صورة محلول مركز ويجب أن يكون مطابق للمواصفات التى تسمح بأستخدامه فى الأغذية ، يجب أن لايزيد فيه الزرنيخ عن ٢ جزء فى المليون والمعادن الثقيلة عن ٥ جزء فى المليون . الكتاليز المستخدم لتحليل الزيادة من H_2O_2 فى اللبن ، يجب أن ينتج من كبد العجول ويخضع للفحص بواسطة الأخصائين البيطريين ، ويجب ألا تقل فوتة عن ١٠٠ وحدة كيل Keil (١ مل يحلل ١٠٠ جرام من H_2O_2 تحت ظروف قياسية). أن تكون كمية الكتاليز المضافة لا تزيد عن ٢٠٠ جزء فى المليون من وزن اللبن. يجب تسخين اللبن المراد معاملته إلى درجة ٥٢°م ثم يضاف H_2O_2 بالتركيز المطلوب (لا يزيد عن ٠,٠٥٪ من وزن اللبن) ثم يبرد اللبن إلى درجة حرارة التنفيح (أضافة المنفحة) ٣٠-٣٥°م ويضاف إليه أنزيم الكتاليز بمعدل ١٠مل لكل كجم من ٣٥٪ H_2O_2 تم أضافته . يختبر اللبن بعد ١٠ دقائق لوجود أى بقايا من H_2O_2 وذلك بإضافة ٣ نقاط من محلول طازج من يوديد البوتاسيوم (٢٥٪) إلى ١٠مل لبن معامل ، ظهور لون أصفر يدل على وجود H_2O_2 . يجرى هذا الأختبار كل ٥ دقائق من أضافة أنزيم الكتاليز حتى يتأكد من أختفاء H_2O_2 من اللبن . وجود بقايا من أنزيم الكتاليز لا يسبب مشاكل فى صناعة الجبن ولا يسبب عيوباً فى الناتج النهائى . استخدام H_2O_2 بكميات زائدة يؤدى إلى إنتاج جبن مرتفع الرطوبة يحتوى على طعم مر bitter .

وقد تم معاملة اللبن فى صناعة الجبن السويسرية بإضافة H_2O_2 بتركيز ٢٥جم/١٠٠لتر لبن على درجة ٥٠-٥٥°م مع إضافة أنزيم الكتاليز بعد ٢٠-٤٠ دقيقة من أضافة H_2O_2 ثم تبريده إلى ٣٥-٣٨°م لتصنيعه إلى هذا النوع من الجبن وقد تميز الجبن الناتج بصفات جيدة من حيث القوام والتركيب والطعم مقارنة بالجبن الناتج من اللبن المبستر أو الخام مع ضرورة زيادة نسبة البادىء المضاف مع السمط على درجات حرارة أعلا من العادية .

وفى صناعة الجبن التشدر وجد أن معاملة اللبن بفوق أكسيد الأيدروجين قد ساعد الجبن على الأحتفاظ بنسبة أعلا من الرطوبة مما أدى إلى زيادة التصافى وأنخفاض فترة التسوية مع ظهور بعض العيوب فى الجبن الناتج كأرتفاع الحموضة وظهور الطعم المر مع قوام ضعيف .وقد أستخدم H_2O_2 والكتاليز فى معاملة لبن جاموسى يحتوى على ٤٪ دهن لأنتاج جبن دمياطى حيث تم إضافة ٠,٠٢٪ H_2O_2 لمدة ٦٠ ثانية أو ٠,٠٥٪ H_2O_2 لمدة

٣٠ ثانية على درجة ٣٧-٥٢°م ثم أضيف أنزيم الكتاليز للتخلص من بقايا H_2O_2 ، وقد وجد أن الجبن الناتج يتميز بجودة أفضل بالمقارنة بالجبن الناتج من لبن مبستر مع وجود الطعم المتميز فى الجبن بالإضافة إلى زيادة طراوة الخثرة وأرتفاع الرطوبة وكذلك محصول الجبن .

٢-٦- تعديل تركيب اللبن

تحدد المواصفات القياسية للجبن الحد الأدنى من الدهن فى المادة الجافة والحد الأقصى لنسبة الرطوبة فى الجبن ولضمان إنتاج جبن مطابق للمواصفات فإنه قد يجرى تعديل فى تركيب اللبن standardization of milk ليحتوى على نسبة معينة من الدهن لينتج محتوى من الدهن فى المادة الجافة فى الجبن الناتج . عموماً يرتبط الدهن بالكازين فى اللبن ولكن الزيادة فى الدهن تكون أسرع منه فى الكازين لذلك فإن تعديل نسبة الكازين إلى الدهن فى لبن الجبن يؤدى إلى إنتاج جبن يحتوى على نسبة معينة من الدهن فى المادة الجافة . تهدف عملية تعديل تركيب اللبن إلى :

أ - تقليل أو التخلص من الأختلافات الموسمية فى تركيب اللبن لضمان إنتاج جبن موحد الجودة .

ب- تسهيل إنتاج جبن مطابق للمواصفات القانونية من حيث نسبة الدهن فى المادة الجافة .

جـ- تعظيم الأستفادة من جوامد اللبن فى صناعة الجبن .

د - إكساب الجبن صفات تركيب معينة مرغوبة .

يمكن أجراء عملية تعديل تركيب اللبن بإزالة الدهن من اللبن الكامل ، إضافة لبن فرز سائل ، لبن فرز مجفف أو قشدة إلى اللبن الكامل . لإنتاج جبن تشدر موحد الجودة على مدار السنة ، يجب تعديل نسبة الكازين إلى الدهن بحيث تكون ٦٩, إلى ٠,٧١ : ١. تعديل تركيب اللبن قد يحسن أيضاً من مستوى أحتجاز الدهن فى الخثرة وبالتالى يحسن من كفاءة صناعة الجبن

٢-٦-١- محصول الجبن

يتوقف محصول الجبن الناتج من كمية معينة من اللبن على محتواه من الدهن والكازين. ينخفض محصول الجبن بأنخفاض نسبة الدهن وقد يرجع ذلك إلى انخفاض نسبة البروتين بالنسبة للدهن . تقل قدرة الجبن على الأحتفاظ بالرطوبة فى وجود كازين أقل

فى اللبن مما يؤدى إلى خفض محصول الجبن الناتج . وقد وجد أنه عندما يصنع جبن تشدر من لبن مبستر يحتوى على دهن حتى ٤٪ يؤدى إلى الحصول على محصول أكبر من الجبن نتيجة لزيادة قدرة الجبن على الأحتفاظ بالرطوبة

توجد علاقة طردية بين محتوى اللبن من الدهن والكازين ومحصول الجبن الناتج حيث يكون كل من الدهن والكازين معظم المادة الجافة فى الجبن ، لذلك فإنه يمكن حساب محصول الجبن بمعرفة تركيب اللبن ونسبة الرطوبة فى الجبن الناتج . وقد وجد أن حوالى ٩١-٩٣٪ من دهن اللبن تحتجز فى الخثرة كما أن حوالى ٠,١ كجم كازين يوجد فى الشرش الناتج من ١٠٠ كجم لبن وتساهم المكونات الأخرى وكذلك الملح المضاف إلى الجبن بحوالى ٩٪ من وزن الدهن والكازين المحتجز فى الجبن لذلك فإنه يمكن حساب محصول الجبن الناتج من ١٠٠ كجم لبن من المعادلة الأتية :

$$\text{محصول الجبن (كجم/١٠٠كجم لبن)} = \frac{\text{١,٠٩ x (٠,٩٣ د + ك - ٠,١)}}{\text{١-م}}$$

حيث أن :

د = كمية الدهن (كجم/١٠٠كجم لبن)

ك = كمية الكازين (كجم / ١٠٠ كجم لبن)

م = كمية الماء (كجم/١٠٠كجم جبن)

أى أن محصول الجبن الناتج من ١٠٠ كجم لبن بـه ٤٪ دهـن ، ٢,٥٪ كازين إذا كانت نسبة الرطوبة فى الجبن الناتج ٣٧٪ يكون على النحو التالى :

$$\text{محصول الجبن} = \frac{\text{١,٠٩ x (٠,١ - ٢,٥ + ٤ x ,٩٣)}}{\text{٠,٧٣ - ١}} = \frac{\text{١,٠٩ x ٦,١٢}}{\text{٠,٦٣}} = \text{١٠,٦ كجم}$$

٢-٦-٢- طرق تعديل تركيب اللبن

ونظراً لأن الماء ، الدهن والمادة الجافة (البروتين والأملاح ....) تكون ثابتة فى كثير من أنواع الجبن فإنه من الضرورى إجراء تعديل فى تركيب اللبن لإنتاج نسب من مكونات اللبن ضرورية للالتزام بهذه المواصفات مع المحافظة على جودة الجبن وقابليتها للأستهلاك . ونظراً لأن هذه المواصفات تحدد الحد الأقصى لكمية الماء والحد الأدنى لكمية الدهن فى المادة الجافة فإنه يجب على صانع الجبن أن يعمل فى حدود الحد الأدنى

والأقصى المنصوص عليهما لضمان جودة الجبن الناتج ومطابقته للمواصفات . قد يجرى تعديل تركيب اللبن فى صناعة الجبن فى بعض الدول بالنسبة للدهن كضرورة أقتصادية وأيضاً لأهداف صحية فى بعض الحالات أو تجرى لإنتاج جبن مطابق للمواصفات فى الدول التى يوجد بها مواصفات لهذه الجبن من حيث نسبة الدهن وتهدف عملية تعديل تركيب اللبن أساساً لإنتاج مستوى ثابت من الدهن فى المادة الجافة وكذلك نسبة الرطوبة وقد وجد أن نسبة الكازين إلى الدهن المثالية فى اللبن لتعطى أفضل محصول وجودة لجبن التشدر هى ٠,٧ : ١ ، أى أن التركيب المثالى للبن المستخدم فى صناعة جبن التشدر هو أن يحتوى على ٣٪ دهن ، ٢,١٪ كازين . وللوصول إلى هذا الهدف فإنه يجب إجراء تعديل فى تركيب اللبن بحيث يحتوى نسبة كازين / دهن تضمن إنتاج جبن مطابق للمواصفات .

تهدف عملية تعديل تركيب اللبن أساساً إلى إنتاج مستوى ثابت من الدهن على أساس أن البروتين فى اللبن ثابت وتستخدم الطرق التالية فى التعديل :

فى حالة لبن مرتفع فى نسبة الدهن . يمكن تعديله بإحدى الطرق التالية :

أ. إضافة لبن فرز .

ب. إضافة لبن منخفض فى الدهن .

جـ. فرز جزء من اللبن ثم إضافة اللبن الفرز الناتج إلى باقى اللبن المرتفع فى نسبة الدهن .

د. استخدام فراز خاص standardizing centrifuge لنزع كمية كافية من القشدة من اللبن بحيث عندما يخلط اللبن الفرز الناتج مع بقية اللبن يمكن الحصول على نسبة الدهن المطلوبة .

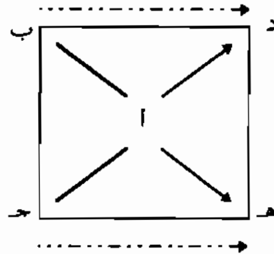
٢. فى حالة لبن منخفض فى نسبة الدهن . يمكن تعديله بإحدى الطرق التالية :

أ. إضافة قشدة .

ب. إضافة لبن مرتفع فى الدهن .

جـ. فرز جزء من اللبن وإضافة القشدة الناتجة إلى باقى اللبن المنخفض فى الدهن.

كما يمكن تعديل تركيب كميات صغيرة من اللبن أما بنزع قشدة أو إضافة لبن فرز أو قشدة بأستخدام طريقة مربع بيرسون Pearson's square وذلك لمعرفة كمية كل من اللبن والقشدة الواجب خلطها لإنتاج لبن يحتوى على نسبة الدهن المرغوبة . والرسم التخطيطى التالى لمربع بيرسون يوضح طريقة الحساب .



حيث أن :

أ = نسبة الدهن المطلوبة فى اللبن الناتج .

ب = نسبة الدهن فى القشدة المستعملة فى تعديل تركيب اللبن .

جـ = نسبة الدهن فى اللبن الفرز المستعمل فى تعديل تركيب اللبن .

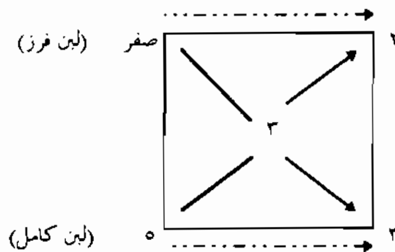
د = عدد أجزاء القشدة (بالوزن) الواجب خلطها باللبن الفرز = أ-جـ

هـ = عدد أجزاء اللبن الفرز (بالوزن) الواجب خلطها بالقشدة = ب-أ

ويخلط د+هـ لينتج كمية اللبن التى تحتوى على نسبة الدهن المرغوبة .

وعند أستعمال مربع بيرسون فى التعديل يجب أن يكون (جـ) أقل من (أ) بينما (ب) أكبر من (أ) والعكس صحيح أى يجب أن تكون نسبة الدهن فى أحد المنتجين المستخدمين فى التعديل أعلا من نسبة الدهن المطلوبة فى اللبن الناتج بعد الخلط بينما تكون نسبة الدهن فى المنتج الآخر المستخدم فى التعديل أقل من نسبة الدهن المطلوبة فى اللبن الناتج بعد الخلط .

مثال : ٣٠٠ كجم لبن به ٥٪ دهن مطلوب تعديل تركيبه بحيث تكون نسبة الدهن فى اللبن الناتج ٣٪ وذلك بأستخدام لبن فرز .



من مربع بيرسون يتضح أن كل ٣ كجم لبن ٥٪ دهن يجب أن تخلط مع ٢ كجم لبن فرز

∴ ٣٠٠ كجم لبن ٥٪ دهن يجب أن تخلط مع **س** لبن فرز

∴ **س** = (٣٠٠ × ٢) / ٣ = ٢٠٠ كجم لبن فرز

البرهان :

كمية اللبن الكلية = ٢٠٠ + ٣٠٠ = ٥٠٠ كجم لبن به ٣٪ دهن

كمية الدهن فى اللبن = ٣٠٠ × ٥ / ١٠٠ = ١٥ كجم

∴ نسبة الدهن فى اللبن بعد الخلط = ١٥ / ٥٠٠ × ١٠٠ = ٣٪

كما يمكن تعديل تركيب اللبن بحساب كمية اللبن الفرز الواجب إضافتها للوصول إلى النسبة المرغوبة من الكازين إلى الدهن فى اللبن بأستخدام المعادلة التالية :

نسبة الكازين/ الدهن = [(٪ كازين / ١٠٠) × كمية اللبن الكامل + (٪ كازين / ١٠٠) × كمية اللبن الفرز] / [(٪ للدهن فى اللبن الكامل / ١٠٠) × كمية اللبن]

مثال : ١٠٠٠ كجم لبن به ٤,٥٪ دهن ، ٢,٧٪ كازين . مطلوب تعديل نسبة الكازين إلى الدهن إلى٠,٧ بأستخدام لبن فرز به ٢,٨٣٪ كازين .

عند تطبيق المعادلة السابقة نجد أن

٠,٧ = [(٢,٧ / ١٠٠) × ١٠٠٠ + (٢,٨٣ / ١٠٠) × س] / [(٤,٥ / ١٠٠) × ١٠٠٠] (حيث أن **س** = كمية اللبن الفرز)

٠,٧ = (,٠٢٧ × ١٠٠٠ + ,٠٢٨٣ س) / (,٠٤٥ × ١٠٠٠)

٠,٧ × ,٠٤٥ × ١٠٠٠ = ٠,٠٢٧ × ١٠٠٠ + ٠,٠٢٨٣ **س**

٠,٧ × ,٠٤٥ × ١٠٠٠ − ,٠٢٧ × ١٠٠٠ = ٠,٠٢٨٣ **س**

,٠٠٤٥ × ١٠٠٠ = ٠,٠٢٨٣ **س**

∴ **س** = (٠,٠٠٤٥ × ١٠٠٠) / ٠,٠٢٨٣ = ١٥٩ كجم

∴ كمية اللبن الفرز الواجب إضافتها إلى اللبن لتعديل نسبة الكازين/الدهن إلى ٠,٧ = ١٥٩ كجم

ويمكن إجراء هذه الحسابات بطريقة أخرى أكثر تبسيطاً

نسبة الكازين/الدهن فى اللبن المعدل = كمية الكازين فى اللبن / كمية الدهن فى اللبن

٠,٧ / ١ = س / (٤٥ x ١٠٠٠ / ١٠٠) = س / ٤٥٠

∴ س (كمية الكازين) = ٤٥٠ x ,٧ = ٣١,٥ كجم

اللبن الفرز المستخدم فى تعديل تركيب اللبن يحتوى على ٢,٨٣٪ :

∵ كل ١٠٠ كجم لبن فرز يحتوى على ٢,٨٣ كجم كازين

∴ س لبن فرز يحتوى على ٣١,٥ كجم كازين

∴ س (كمية اللبن الفرز الواجب إضافتها) = (٣١,٥ x ١٠٠) / ٢,٨٣ = ١٥٩ كجم

تعديل نسبة الدهن إلى البروتين فى اللبن لصناعة الجبن يمكن حسابها إذا كانت نسبة الكازين فى اللبن معروفة . نسبة الكازين إلى الدهن فى لبن جبن التشدر هى ٠,٧ : ١ لذلك فإذا كانت نسبة الكازين ٢,١٪ فى اللبن فإن نسبة الدهن اللازمة هى ٠,٧ / ٢,١ = ٣,٠٪ دهن . يمكن حساب كميات اللبن بأستخدام طريقة مربع بيرسون .

استخدام خزانات اللبن الكبيرة الأسطوانية silo يجعل عملية التعديل أقل تعقيداً حسابياً ، كما أنها أقل تعقيداً عملياً عندما يتم تعديل اللبن إلى نسبة دهن أقل من خلال استخدام فرازات قياسية standardizing centrifuge التى تقوم بفرز اللبن لفصل الزيادة من الدهن فى صورة قشدة من خلال صمام تحكم control valve الذى يمكن ضبطه مسبقاً لأستخلاص كمية معينة من القشدة . تعديل تركيب اللبن إلى نسبة أعلا من الدهن عادة لا يكون ضرورياً لكن تتم هذه العملية بإضافة قشدة إلى اللبن الخام أو أستبعاد كمية من اللبن الفرز .

إضافة قشدة إلى اللبن الخام قد تكون عملية صعبة لذلك يفضل أن يتم تدفئة اللبن والقشدة معاً لضمان الخلط الجيد . كما توجد فرازات قياسية لتعديل تركيب اللبن تحتوى على صمام خاص لأستخلاص الدهن الزائد فى صورة قشدة ويمكن وضع هذه الفرازات فى مكان مناسب بالنسبة لخطوط الإنتاج بحيث تقوم بعملية التعديل وأنسياب اللبن إلى حوض الصناعة بسهولة دون فقد فى الوقت أو المواد الخامة أو العمالة .

وقد أقترح بعض الباحثين تعديل تركيب اللبن من حيث نسبة الجوامد اللادهنية إلى

الدهن ١ : ٠,٣٦ إلى ١ : ٠,٤٧ ونظراً لأن النسبة تتضمن اللاكتوز بالأضافة إلى بروتينات الشرش الذى تفقد فى الشرش فإن نسبة الدهن إلى الكازين ٠,٦٩ : ١ تكون أكثر منطقية . نتيجة لأرتفاع الفاقد فى بعض المصانع التى تعمل بطريقة أتوماتيكية فإن نسبة ٠,٧ : ١ يفضل أستخدامها فى لبن جبن التشدر . نظراً لأن تعديل تركيب اللبن يؤثر على الصفات الطبيعية أو أتزان الأملاح فى اللبن فإنه من الضرورى إضافة كلوريد الكالسيوم . عادة تجرى عملية التعديل كجزء من عملية تصنيع الجبن التى تتضمن المعاملة الحرارية للقضاء على الميكروبات غير المرغوبة فيها قبل أن ينقل اللبن إلى أحواض الصناعة.

٢-٧- المعاملة الحرارية

توصى معظم التشريعات الغذائية بأن يتعرض اللبن المستخدم فى صناعة الجبن إلى معاملة حرارية heat treatment بأستخدام درجات حرارة ووقت مكافئة لعملية البسترة (أى ٧٢°م / ١٥ ثانية) . هذه المعاملة تكون كافية للقضاء على البكتريا المرضية ومعظم البكتريا المسببة للفساد الملوثة للبن ، ولكن يجب ألا تؤثر على الصفات الطبيعية والكيماوية للبن بدرجة قد تسبب بعض الصعوبات فى تصنيع الجبن .

بالرغم من أن المعاملة الحرارية للبن عند درجات حرارة أقل من المستخدمة فى البسترة تستخدم فى صناعة الجبن فى بعض الدول الأروبية والأمريكية فإن تواجد البكتريا المرضية لفترات طويلة أثناء تسوية كثير من أنواع الجبن المختلفة توصى بأستخدام معاملات حرارية تعادل على الأقل عملية البسترة حيث أن هذه المعاملات الحرارية ضرورية لتجنب حدوث مخاطر صحية للمستهلك . يلجأ بعض صانعى الجبن إلى أستخدام معاملات حرارية أقل من البسترة لكى يحافظ على بعض الأنزيمات الموجودة فى اللبن الخام (أساساً الليبيز) . والمعاملة الحرارية للبن الجبن عبارة عن تسخين اللبن لدرجة حرارة معينة وحفظ اللبن على هذه الدرجة لمدة معينة . وتعتبر مدة الحجز أكثر أهمية فى المعاملة الحرارية حيث أن الميكروبات غير المرغوبة والأنزيمات لا يقضى عليها كلها فى الحال عند درجة حرارة التسخين . بعض البكتريا قد يحدث لها صدمة حرارية ثم تستعيد نشاطها فيما بعد . بعض صانعى الجبن يفضل ألغاء فترة الحجز أعتماداً على درجة الحرارة فقط .

وتختلف المعاملة الحرارية التى يتعرض لها اللبن فى صناعة الجبن طبقاً للأنظمة التالية :

١. الطريقة الخاطفة flash heating حيث يسخن اللبن لدرجة حرارة ٧٥-٩٥°م بدون فترة حجز .
٢. طريقة HTST حيث تستخدم درجة حرارة ٧١-٧٥°م لمدة ١٥-٤٠ ثانية

٣. الطريقة البطيئة (طريقة الحجز) حيث يسخن اللبن لدرجة حرارة ٦١-٦٥°م لمدة ٢٠-٤٠ دقيقة.

لا توجد تشريعات خاصة بالمعاملة الحرارية للبن الجبن فى كثير من الدول ولكن من المقبول بصفة عامة استخدام الحد الأدنى للمعاملة الحرارية فى اللبن السائل للبن الجبن لضمان القضاء على الميكروبات المرضية التى قد توجد فيه .

يفضل بعض صانعى الجبن استخدام درجات حرارة منخفضة فى المعاملة الحرارية للبن بدون أو مع فترة حجز وذلك للمحافظة على أنزيم الليبيز فى اللبن نظراً لأهميته فى عملية التسوية وتكوين الطعم فى الجبن الناتج ولكن بعض البكتريا الضارة (المرضية وبكتريا القولون) تستطيع أن تقاوم هذه المعاملة وتبقى فى لبن الجبن . تسوية الجبن أو حفظ الجبن لفترة طويلة تساعد على القضاء على البكتريا المرضية ولكن الجبن الطرية أو الجبن ذات مدة الحفظ القصيرة ما زالت تحتوى على بكتريا مرضية على حالة نشطة إذا كانت هذه البكتريا توجد أصلاً فى اللبن قبل المعاملة الحرارية. عادة يتم بسترة اللبن فى صناعة الجبن بأستخدام طريقة HTST والتى تهدف إلى :

أ. القضاء على جميع البكتريا المرضية pathogens التى قد تكون موجودة إذا كانت المعاملة الحرارية كافية لأتلاف أنزيم الفوسفاتيز القلوى . التوكسين الذى ينتجه *S.aureus* لا يتلف بمثل هذه المعاملات الحرارية .

ب. القضاء على معظم البكتريا المسببة للفساد spoilage organisms. جراثيم *C.tyrobutyricum* تقاوم المعاملة الحرارية ولكن بكتريا حمض البروبيونيك ومعظم بكتريا حمض اللاكتيك و *Entrobacteriaceae* يقضى عليها بالمعاملة الحرارية . بعض أنواع من *Streptococcus, Lactobacillus* لا يقضى عليها تماما ولكن نادراً ما توجد بأعداد كبيرة فى اللبن.ومع ذلك فإن *S.salivarius* subsp. *thermophilus* قد تنموفى اللبن فى الجزء الخاص بتبادل الحرارة فى المبادل الحرارى فى أجهزة البسترة وتصل إلى أعداد كبيرة إذا أستخدمت بصفة مستمرة لفترة طويلة (أى ١٠ ساعات) ، وقد يؤدى ذلك إلى تكوين أطعمة غير مرغوبة وتغيرات غير مرغوبة فى التركيب البنائى texture للجبن .

جـ. أتلاف أنزيمات اللبن . قد يكون ذلك مفيداً فقط فى حالة ليبيز اللبن الطبيعى بالرغم من أن درجة الأستفادة من هذا الأنزيم متباينة . عدة أنزيمات من البروتينيز والليبيز التى تنتجها البكتريا المقاومة للبرودة لا تتلف بالبسترة .

د. إذا تمت بسترة اللبن قبل إضافة المنفحة بفترة قصيرة فإن ذلك يمنع التأثير غير المرغوب

لتخزين اللبن تحت درجات حرارة منخفضة على جسيمات الكازين وأتزان الأملاح (الذى بدوره يؤثر على قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة) كما يعدل درجة حرارة اللبن إلى الدرجة المناسبة للتنفيح.

المعاملة الحرارية للبن قد يكون له تأثيرات غير مرغوبة وخاصة إذا كانت المعاملات الحرارية أعلا من البسترة أو المعاملات المماثلة التى تؤدى إلى أتلاف أنزيم الفوسفاتيز القلوى ، من أهمها :

أ. دنترة denaturation بروتينات الشرش يؤدى إلى بطء التجبن بالمنفحة وتكوين خثرة ضعيفة قدرتها على الأنكماش وطرد الشرش ضعيفة . كما قد تؤدى إلى إنتاج جبن منخفضة الجودة مع تكوين طعم مر bitter . نظراً لأن الحرارة تسبب دنترة لبروتينات الشرش مما يساعد على أحتجازها بالخثرة وبالتالى زيادة محصول الجبن .

ب. أنزيمات اللبن الطبيعية المفيدة قد لاتتلف وخاصة xanthine oxidase . هذا الأنزيم يحول ببطء النترات المضافة إلى نيتريت التى تكون ضروريةلتثبيط أو منع نمو Clostridia فى الجبن وبالتالى منع حدوث عيب أنتفاخ الجبن .

تسخين اللبن thermization أى المعاملة الحرارية عند درجة ٦٣-٦٥°م لمدة ١٥-٢٠ ثانية لا تؤدى إلى القضاء على البكتريا المرضية ولكن تستخدم لتحسين قوة حفظ اللبن قبل تصنيع الجبن . تعريض اللبن لمعاملة حرارية ، ثم بسترته بعد التخزين على درجات حرارة منخفضة قبل أستخدامه فى صناعة الجبن ، يؤدى إلى تحسين محصول وجودة جبن التشدر الناتج من لبن خزن لمدة تختلف من ٣ إلى ٧ أيام عند ٦°م .

المعاملة الحرارية للبن عند درجات حرارة أعلا من المستخدمة فى البسترة يؤدى إلى حدوث تغيرات فى الصفات الطبيعية - الكيماوية للبن والتى تؤثر على قابلية اللبن للتجبن وتكوين الخثرة فى صناعة الجبن . معاملة اللبن حرارياً عند درجات حرارة أعلا من ٨٠°م تؤدى إلى دنترة بروتينات الشرش وكذلك تفاعل بين κ-casein, β-lactoglobulin من خلال روابط sulphydryl . هذا التفاعل يثبط فعل الكيموسين على الكازين وبالتالى يتداخل فى المرحلة الأولى من تكوين الخثرة فى صناعة الجبن . بالأضافة إلى ذلك فإن المعاملة الحرارية للبن عند درجات حرارة مرتفعة يؤدى إلى تغيير فى مكونات الأملاح المعدنية فى اللبن ، أساساً الكالسيوم اللازم فى المرحلة الثانوية لتكوين الخثرة أى تجميع جسيمات الكازين المعاملة بالمنفحة . هذه التغيرات فى بروتينات اللبن والأملاح المعدنية نتيجة التسخين يمنع من استخدام درجات الحرارة المرتفعة فى معاملة اللبن المستخدم فى صناعة الجبن بالطرق التقليدية . ومع ذلك فإن تعديل طريقة الصناعة قد يحسن من محصول

الجبن وذلك بتسخين اللبن عند درجات حرارة مرتفعة بدرجة كافية لدنترة بروتين الشرش الذى يندمج بعد ذلك فى الخثرة فى صناعة الجبن . وقد وجد أن هذه المعاملات تؤدى إلى زيادة فى محصول الجبن بحوالى ٨٪ فى الجبن الطرية ، ٥٪ جبن التشدر على اساس المادة الجافة .

يمكن الكشف عن كفاءة عملية البسترة للبن المستخدم فى صناعة الجبن بأجراء أختبار الفوسفاتيز على اللبن المستخدم فى صناعة الجبن أو على الشرش . كما يمكن أجراء أختبار للكشف على بقايا أنزيم الفوسفاتيز فى الجبن عند أى مرحلة خلال التسوية لكن ظروف الأختبار يجب أن تكون مثالية .

بالرغم من أن بسترة اللبن تستخدم على نطاق واسع فى صناعة الجبن مما يساعد على تحسين جودة الجبن الناتج إلا أنها تعتبر مسئولة عن غياب الطعم المميز المرغوب فى الجبن خاصة فى الأنواع التى تتميز بطعم قوى . وقد يرجع ذلك إلى أتلاف ليبيز اللبن الطبيعى lipoprotein lipase أو إلى القضاء على البكتريا التى تساهم فى أكساب جبن اللبن الخام بعض من الطعم المرغوب فى هذه الجبن والذى يكون عادة أكثر تبايناً عن طعم الجبن المصنوع من لبن مبستر ، لذلك فإن معاملة حرارية أقل من البسترة قد تساعد على تحسين طعم الجبن . إذا كانت الجودة الميكروبيولوجية للبن جيدة فإنه يمكن تصنيع الجبن من اللبن الخام أو من خليط من اللبن الخام والمبستر . وقديماً كانت تستخدم طريقة لتحسين جودة اللبن وذلك بترك اللبن الطازج ساكناً عند درجة حرارة منخفضة (٥-١٠°م) لتكوين طبقة قشدة . وفى هذه الحالة فإن معظم البكتريا تتجمع فى طبقة القشدة بفعل الأجلوتنين agglutination ، ويتم بسترة هذه القشدة فقط وليس اللبن الفرز حيث يتم القضاء على معظم البكتريا دون حدوث تلف محسوس لأنزيمات اللبن . يستخدم bactofugation كوسيلة لتحسين جودة اللبن الميكروبيولوجية حيث تستخدم بنجاح فى صناعة الجبن من اللبن الخام . يتم فى هذه الطريقة إزالة جراثيم ***C.tyrobutyricum*** حيث تؤدى هذه الطريقة إلى خفض الجراثيم فى اللبن بدرجة كبيرة ، فقد وجد أن عدد الجراثيم فى اللبن تصل إلى حوالى ٣٪ من الأعداد فى اللبن. الراسب أو الوحل (bactofugate) الناتج من هذه العملية يحتوى على الجراثيم بالأضافة إلى الكازين لذلك يعتقد أن تعريض اللبن لهذه المعاملة يسبب أنخفاضاً كبيراً فى محصول الجبن قد يصل إلى ٦٪ . لذلك يلجأ البعض إلى تعقيم الراسب بأستخدام طريقة UHT للقضاء على الجراثيم ثم يعاد إضافته إلى اللبن وبذلك يمكن تجنب الفقد فى البروتين الذى يحدث عند أستخدام هذه الطريقة فى معاملة اللبن . استخدام bactofugation مرتين يزيد من كفاءتها فى إزالة الجراثيم ولكن

تكون عملية مرتفعة التكاليف .

أحد المشاكل الرئيسية التى تتعلق بنمو بكتريا البادىء بجانب المضادات الحيوية والمواد المثبطة المماثلة هو تواجد الفاج فى اللبن الذى يصيب بكتريا البادىء ويسبب فشله فى إنتاج الحموضة . فيما يتعلق بالمعاملة الحرارية المستخدمة فى صناعة الجبن فإن جسيمات الفاج تقاوم درجات حرارة تصل إلى ٧٠-٧٥°م لمدة ٣٠ دقيقة لذلك فإن المعاملة الحرارية للبن الجبن لا تساعد على القضاء على هذه الفاجات بالرغم من أن بعض الفيروسات المرضية للأنسان والحيوان يتم القضاء عليها بالمعاملة الحرارية على درجة ٧٢°م لمدة ١٥ ثانية.

إذا أضيفت قشدة الشرش إلى اللبن سواء لزيادة محتوى الدهن أو لتعديل تركيب اللبن فإنه من الضرورى تسخين القشدة إلى ٩٣,٤°م لمدة لا تقل عن ٣٠ دقيقة للقضاء على جسيمات الفاج فى القشدة . عادة يجب ألا تزيد كمية قشدة الشرش المستخدمة فى هذا الغرض عن ٥٠٪ لتقليل كمية أطعمة الجبن المدمصة فى القشدة من الجبن السابق إنتاجها .

٣- إضافة البادىء

بعد أعداد اللبن لصناعة الجبن كما سبق الأشارة إليه ، يجرى تعديل لدرجة حرارة اللبن إلى الدرجة المناسبة لإضافة البادىء والذى يختلف بأختلاف نوع الجبن المراد إنتاجه . عادة يطلق على هذه العملية فى صناعة الجبن " تسوية اللبن milk ripening " والتى تعتبر من الخطوات الأساسية فى صناعة معظم إن لم يكن جميع أنواع الجبن بهدف زيادة الحموضة بصورة منتظمة خلال مرحلة التصنيع (خلال فترة قد تصل إلى ٢٤ ساعة). عادة يتم زيادة الحموضة فى اللبن من خلال إنتاج حامض اللاكتيك بواسطة البادىء المضاف أو بواسطة مواد منتجة للحامض والتى تعرف بالتحميض المباشر direct acidification حيث تستخدم حالياً فى صناعة بعض أنواع من الجبن غير المسواه مثل Ricotta والجبن الأبيض Queso blanco وجبن Cottage وكذلك الموزاريلا والفتا بطريقة UF حيث يستخدم حمض اللاكتيك ، الخليك ، الفوسفوريك ، HCl والستريك لضبط pH اللبن إلى ٥,٠ . تتلخص مزايا التحميض المباشر فيما يلى :

أ. التخلص من المشاكل المرتبطة بمزارع البادئات مثل فشل البادىء نتيجة الأصابة بالفاج أو وجود مضادات حيوية فى اللبن .

ب. تقليل الفترة اللازمة لإنتاج الجبن بدرجة كبيرة .

جـ. تقليل كمية المنفحة وكذلك البادىء فى حالة إضافته فى بعض أنواع من الجبن .
د. إجراء عمليات التصنيع بدقة أكبر .
هـ.تحسين قوام وتركيب الجبن الناتج

يوجد عدد من براءة الأختراع مسجل عن أستخدام أحماض مسموح بإضافتها إلى الأغذية food grade أو مواد منتجة للحموضة acidogens بدلاً من مزارع بكتريا البادئات فى صناعة جبن Cottage . تتضمن هذه الطريقة أضافة خليط من حامضى اللاكتيك والفوسفوريك إلى لبن بارد (٢-١٢°م) لخفض pH إلى حوالى ٥,٢ . يضاف بعد ذلك glucono-δ-lactone (GDL) الذى يتحلل ببطء إلى حامض جلوكونيك مما يؤدى إلى خفض تدريجى فى pH إلى ٤,٦ - ٤,٨ فى خلال ساعة . تقدم الحموضة ببطء فى اللبن بواسطة GDL يؤدى إلى تجمع جسيمات الكازين فى شبكة تحتوى على عدد قليل من الروابط مقارنة بتجمعات جسيمات الكازين خلال الزيادة السريعة للحموضة بواسطة HCl أو حمض اللاكتيك . هذه الطريقة تؤدى إلى أختصار الوقت اللازم لصناعة جبن Cottage بدرجة كبيرة جداً حيث يبلغ الوقت اللازم من التحميض المباشر للبن الفرز إلى نهاية غسل الخثرة خلال صناعة الخثرة بالطريقة المستمرة بواسطة التحميض المباشر بإضافة HCl حوالى ٣٥ دقيقة .

تسوية اللبن بإضافة البادىء إلى pH ٥,٥ قبل التحميض المباشر يحسن من تركيب وقوام الناتج النهائى بدرجة كبيرة . كما توجد براءة أختراع أخرى عن صناعة هذا الجبن بأستخدام البادىء مع التحميض المباشر .

فى صناعة بعض أنواع من الجبن النصف طرية مثل الجبن الأبيض Queso blanco فى امريكا الوسطى والجنوبية والذى يستهلك طازجاً حيث يتم خفض pH اللبن إلى ٥,٢ - ٥,٣ بإضافة حمض الخليك الثلجى وحمض الستريك إلى اللبن . كما وجد أن أستخدام التحميض المباشر فى صناعة الجبن المعرقة بالفطر (مثل حمض اللاكتيك ، الستريك ، الفوسفوريك أو HCl) قد أدى إلى خفض الفترة اللازمة للتصنيع وكذلك كمية المنفحة اللازمة بمقدار ٥٠٪ وكمية البادىء بمقدار ٧٥٪ بالمقارنة بالطرق التقليدية كما تم استخدام طريقة التحميض المباشر فى صناعة الجبن الدمياطى والراس بنجاح وقد وجد أن التحميض المباشر (حمض اللاكتيك أو الستريك) أدى إلى إنتاج خثرة أكثر نعومة وأعلا فى نسبة الرطوبة .

كان يعتمد فى الماضى على الميكروبات الموجودة طبيعياً فى اللبن فى إنتاج الحموضة ونظراً لأن هذه الميكروبات غير متجانسة وتتكون من أنواع مختلفة فإن معدل إنتاج

الحموضة يكون غير منتظم ونمو الميكروبات غير المرغوبة قد يؤدى إلى إنتاج غاز وأطعمة غير مرغوبة . لذلك أصبح من الضرورى إضافة مزرعة بادىء من بكتريا حمض اللاكتيك المنتقاه إلى لبن الجبن ليقوم بأنتاج الحموضة بالمعدل المطلوب وبصورة منتظمة وتؤثر الحموضة على عدة نواحى فى صناعة الجبن من أهمها :

١. نشاط الأنزيمات المجبنة خلال عملية التجبن .
٢. تغيير طبيعة وأحتجاز الأنزيمات المجبنة فى الخثرة أثناء التصنيع وبالتالى مستوى بقايا الأنزيمات المجبنة فى الخثرة وهذا يؤثر على معدل تحلل البروتين أثناء التسوية مما يؤثر على جودة الجبن الناتج .
٣. صلابة الخثرة والتى تؤثر على محصول الجبن .
٤. معدل طرد الشرش syneresis والذى يحدد نسبة الرطوبة فى الجبن وبالتالى ينظم نمو البكتريا ونشاط الأنزيمات فى الجبن مما يؤثر بدرجة كبيرة على معدل وطريقة التسوية وجودة الجبن الناتج .
٥. معدل أنخفاض pH يحدد درجة تحلل فوسفات الكالسيوم الغروية التى تعدل من حساسية الكازين للتحلل أثناء الصناعة مما يؤثر على الصفات الطبيعية للجبن (القوام والتركيب) .
٦. تحد الحموضة من نمو عديد من البكتريا الموجودة فى الجبن والتى لا تنتمى للبادىء وخاصة المرضية والمسببة للتسمم الغذائى والمنتجة للغازات . بالإضافة إلى إنتاج الحموضة فإن كثير من بكتريا حمض اللاكتيك تنتج مواد مضادة مثل البكتريوسيتات تمنع أو تثبط أيضاً من نمو البكتريا التى لا تنتمى للبادىء .

يستخدم بصفة أساسية فى صناعة الجبن نوعان من البادئات (جدول٥-٥) :

أ. بادئات محبة للحرارة المعتدلة mesophilic درجة الحرارة المثلى لها أقل من ٣٠°م .
ب. بادئات محبة للحرارة المرتفعة thermophilic درجة الحرارة المثلى لها ٣٧ - ٤٥°م .

يتوقف أختيار البادىء على نوع الجبن المراد إنتاجه . تستخدم البادئات المحبة للحرارة المعتدلة فى صناعة جبن التى لا تزيد فيها درجة سمط الخثرة عن ٤٠°م مثل التشدر والجودا والمعرقة بالفطر والكممبير وغيرها من الأنواع المشابه بينما تستخدم البادئات المحبة للحرارة المرتفعة فى صناعة جبن الأنواع السويسرية والأيطالية التى تسمط على درجة ٥٣ - ٥٦°م.

يضاف البادىء (بادىء الإضافة bulk culture) إلى اللبن فى حوض صناعة الجبن بمعدل يختلف طبقاً لنوع الجبن وطريقة الصناعة حيث تضاف بنسبة تتراوح بين ٠,٢ إلى

٥٪ . يقلب البادىء جيداً فى اللبن لضمان توزيعه توزيعاً متجانساً خلال اللبن فى الحوض على درجة الحرارة المناسبة لنشاط البادىء ويحفظ على هذه الدرجة فترة قد تصل إلى ساعتين إلى أن يصل إلى الحموضة المطلوبة . التلقيح بكمية أكبر من البادىء (٢ - ٤٪) يقلل من فترة التسوية إلى ٥ - ٢٠ دقيقة . الجدول (٥-٥) يبين بكتريا حمض اللاكتيك التى تتكون منها هذه البادئات (يرجع إلى الفصل الثالث) .

جدول ٥-٥ : بكتريا حمض اللاكتيك فى مزارع بادئات الجبن .

	الأسم الجديد	الأسم القديم
البادئات المحبة للحرارة المعتدلة (١)	**mesophilic lactic starters**	
١-	*L.lactis* subsp. *lactis*	*S.lactis* subsp. *lactis*
٢-	*L.lactis* subsp. *cremoris*	*S.lactis* subsp. *cremoris*
٣-	*L.lactis* subsp. *lactis* biov. *diacetylactis*	*S.lactis* biovar *diacetylactis*
٤-	*Leuc. mesenteroides* subsp. *cremoris*	*Leuc. cremoris*
البادئات المحبة للحرارة المرتفعة (٢)	**thermophilic lactic starters**	
٥-	*Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus*	*Lb. bulgaricus*
٦-	*Lb.delbrueckii* subsp. *lactis*	*Lb. lactis*
٧-	*Lb. helveticus*	*Lb. helveticus*
٨-	*S.salivarius* subsp. *thermophilus*	*S. thermophilus*

(١) درجة الحرارة المثلى ٢١-٢٦°م

(٢) درجة الحرارة المثلى ٣٧-٤٥°م

تعتمد مصانع الألبان فى الحصول على المزارع التجارية عند تحضيرها للبادىء بكميات كبيرة (بادىء الأضافة bulk culture الذى يدخل عادة فى الإنتاج) حيث يمكن الحصول على هذه المزارع من بنوك حفظ المزارع أو معامل معتمدة وتكون فى إحدى الصور التالية :

١- مزارع البادىء السائل Liquid starter cultures

٢- مزارع البادىء المجفف Dried starter cultures

أ. غير مركزة (مجففة بطريقة الرذاذ spray-dried أو مجفدة freeze-dried)

ب. مركزة (مجفدة freeze-dried) .

٣- مزارع البادىء المجمدة Frozen starter cultures

أ. غير مركزة (مجمدة عند -١٨ إلى -٢٠°م)

ب.مركزة (مجمدة عند -٤٠ إلى -١٩٦°م)

مزارع البادئات (١) ، (٢-أ) و (٣-أ) تستخدم عادة لإنتاج بادىء الإضافة بالطريقة التقليدية (شكل٧-٣- نظام ١ - الفصل الثالث) . مزارع (٢ب) و (٣ب) تضاف مباشرة إلى حوض بادىء الإضافة (شكل ٧-٣- نظام ٢ - الفصل الثالث) ، أو يضاف مباشرة إلى اللبن فى حوض الصناعة .

جدول ٦-٥ : ميكروبات البادئات المساعدة فى الجبن

الميكروب	الوظيفة
Penicillium roqueforti	إنتاج مركبات الطعم فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese
Penicillium caseiocolum *Penicillium camemberti*	الجبن المسوه سطحياً بالفطر مثل الكممبير والبراى لأكساب الجبن صفات الطعم والقوام والتركيب المميزة لها
Brevibacterium linens *Brevibacterium erythrogenes*	الجبن المسوه سطحياً بالبكتريا مثل البريك والامبرجر لإنتاج اللون والطعم
Micrococcus varians	لإنتاج الطعم فى بعض أنواع من الجبن الجافة
Propionibacterium freudenreichii subsp. *shermanii*	الجبن السويسرية لإنتاج الطعم والعيون
Entrobacterium durans *Entrobacterium faecalis* DK	جبن التشدر لإنتاج الطعم

بالإضافة إلى بادئات بكتريا حمض اللاكتيك التى تستخدم فى صناعة الجبن أساساً لإنتاج الحموضة بمعدلات مرغوبة خلال مراحل التصنيع المختلفة فقد يستخدم بادئات مساعدة (ثانوية) adjunct starters أخرى عند تصنيع أنواع معينة من الجبن بهدف أحداث تغيير معين مرغوب فى الجبن أثناء التسوية حتى يمكن الحصول على الناتج النهائى بالصفات والجودة المميزة له . هذه البادئات قد تضاف إلى اللبن مع البادىء الأساسى (بادئات بكتريا حمض اللاكتيك) أو تضاف إلى الخثرة . الجدول (٦-٥) يبين ميكروبات البادئات المساعدة التىتستخدم فى صناعة بعض أنواع من الجبن .

٤- إضافة الملون

يضاف الملون سواء الأناتو أو β-carotene إلى اللبن فى صناعة الجبن للحصول على

لون ثابت للجبن على مدار السنة نظراً لأن لون اللبن المائل للأصفرار يختلف بإختلاف فصل السنة ونوع العليقة وكذلك محتواه من الدهن . يضاف الملون عادة قبل إضافة المنفحة مباشرة فى أنواع الجبن التى يتم تسوية اللبن بإضافة البادىء .

تتوقف كمية الملون المضاف إلى اللبن على لون اللبن المستخدم فى الصناعة وكذلك درجة اللون المرغوبة فى الجبن الناتج وأحياناً قد لا يضاف لون على الأطلاق إلى اللبن فى صناعة الجبن مثل الجبن الطرية وبعض أنواع من الجبن النصف جافة . تختلف كمية الملون المضاف إلى اللبن من ٢٥٠مل فى حالة الجبن داكنة اللون إلى ١٠٠مل فى حالةالجبن متوسطة اللون لكل طن من اللبن . فى حالة استخدام اللبن الجاموسى فى صناعة الجبن يفضل إضافة ٢٥مل ملون لكل طن لبن حتى يكون الجبن الناتج مقارب لمثيله الناتج من اللبن البقرى فى اللون . وعموماً فإن معظم صانعى الجبن يفضل إضافة ملون الأنباتو بالمعدل التالى لكل ٤٥٠لتر لبن :

أ. أقل من ٣٥مل فى حالة الجبن ذات اللون الفاتح .

ب. ٣٥ - ٥٥مل فى حالة الجبن متوسطة اللون .

جـ. ١١٥ - ٢٣٠مل فى حالة الجبن داكنة اللون .

وعادة يضاف الملون إلى لبن الجبن مع البادىء أو قبل إضافة المنفحة بحوالى ١٥ دقيقة. وقد أشار البعض إلى أن الملون يجب إضافته إلى اللبن قبل إضافة البادىء وقبل إضافة $CaCl_2$ حتى لا يترسب المادة الملونة للملون ويعطى للجبن لون غير متجانس (مبقع) وقد يحدث هذا العيب عند إضافة كميات كبيرة من $CaCl_2$ إلى اللبن كما هو الحال فى صناعة الجبن من لبن مبستر . وعادة يخفف الملون بنسبة ١ : ٥ بالماء لضمان توزيعه توزيعاً متجانساً خلال كمية اللبن فى حوض الصناعة وبالتالى تجانس لون اللبن والجبن الناتج . ويجب استخدام هذه الملونات بحذر وغالباً ما يستبعد إضافة ملونات إلى لبن الجبن .

٥- إضافة كلوريد الكالسيوم والأملاح المثبطة

يعتمد تجبن اللبن بالمنفحة على وجود توازن بين صور الكالسيوم المختلفة فى اللبن . تسخين أو تبريد اللبن قد يحدث خلل فى هذا التوازن لذلك يلجأ صانعى الجبن إلى إضافة $CaCl_2$ لتصحيح هذا التوازن .عادة يضاف $CaCl_2$ إلى اللبن فى صناعة الجبن للأسراع من عملية التجبن ولتقليل التباين فى قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة وقدرة الخثرة على الأنكماش وطرد الشرش . كما يضاف أيضاً عند أستخدام بعض أنواع من المنفحة النباتية أو الميكروبية لتحسين صفات الخثرة الناتجة .

وفى معظم الدول يسمح بإضافة $CaCl_2$ ، إلى لبن الجبن بما لا يتجاوز ٠,٠٢٪ وعادة يفضل إضافة $CaCl_2$ فى صورة محلول قياسى حتى يسهل إضافته وتوزيعه فى اللبن. بعض صانعى الجبن يستخدم ماء الجير (أيدروكسيد الكالسيوم) أو لاكتات الكالسيوم بدلاً من $CaCl_2$ للأسراع من تجبن اللبن بالمنفحة وتحسين صلابة الخثرة عند التقطيع .

إضافة $CaCl_2$ بكميات أقل من المطلوب (٠,٠٢٪) يؤدى إلى إنتاج خثرة ضعيفة يصعب تقطيعها مما يؤدى إلى زيادة الفاقد من الخثرة فى الشرش بينما إضافة$CaCl_2$ بكميات زائدة تؤدى إلى إنتاج خثرة زائدة الصلابة بالإضافة إلى ظهور طعم مر فى الجبن الناتج .

من الأمور التقليدية المتبعة فى صناعة بعض أنواع من الجبن الهولندية مثل الأيدام والجودا إضافة بعض الأملاح المثبطة إلى اللبن مثل نترات الصوديوم أو البوتاسيوم لمنع الإنتفاخ المبكر للجبن بواسطة بكتريا القولون والأنتفاخ المتأخر بواسطة *C.tyrobutyricum*. عادة تضاف نترات الصوديوم (salt petre) أو نترات البوتاسيوم بمعدل ١٥ - ٢٠جم/١٠٠لتر لبن خام أو مبستر . وحالياً يفضل إضافة النترات إلى مخلوط الخثرة والشرش بعد حوالى نصف ساعة من صرف الشرش وذلك لتقليل كمية النترات المضافة ولتجنب إنتاج كميات كبيرة من الشرش المحتوى على نترات .

بالرغم من أن إضافة هذه المواد إلى اللبن فى صناعة الجبن تلقى معارضة شديدة من الهيئات ومنظمات الصحة الدولية حيث يعتبر النترات والنيتريت من المواد المسرطنة إلا أن معظم مصانع جبن الجودا والأيدام فى هولندا تقوم بإضافة نترات البوتاسيوم للتغلب على ظهور عيب الإنتفاخ المبكر أو المتأخر فى الجبن الناتج بمعدل لا يتجاوز ٠,٠٤٪ .

نظراً لأن الجبن السويسرية المصنوعة فى أحواض من الصلب غير قابل للصدأ stainless steel تكون خالية من الطعم المميز التى تتميز به الجبن الناتج بالطرق التقليدية بأستخدام الأحواض المصنوعة من النحاس فإنه قد يضاف ١٥ جزء فى المليون من كبريتات النحاس copper sulphate إلى لبن الجبن حيث تعادل كمية النحاس التى يمتصها اللبن عند أستخدام أحواض النحاس فى صناعة الجبن . يعتقد أن كبريتات النحاس تساعد على تحلل الدهن بدرجة محدودة مع تنشيط بعض الأنزيمات التى تلعب دوراً هاماً فى عملية تسوية الجبن .

فى صناعة بعض أنواع من الجبن الطرية مثل الدمياطى والتى تتميز بأرتفاع محتواها من الملح (NaCl) وتخزينها لفترة طويلة فى محلول ملحى أو شرش مملح ، لذلك فإن إضافة NaCl يلعب دوراً هاماً فى تحديد التغيرات الطبيعية والبيوكيماوية فى هذه الجبن . عادة

يضاف الملح NaCl بمعدل ٨ - ١٥٪ إلى اللبن مباشرة قبل إضافة المنفحة مما يؤدى إلى زيادة كمية المنفحة المضافة وكذلك طول مدة التجبن بالمقارنة بأنواع الجبن الأخرى . إضافة NaCl إلى اللبن يؤدى إلى ذوبان جزء من الكالسيوم الغروى . تزداد كمية الكالسيوم الذائبة بزيادة كمية NaCl المضافة حتى ٤جم/١٠٠مل ، تركيزات NaCl أعلا من ذلك لا تؤدى إلى تغيرات ملموسة . يمكن إذابة حوالى ٢٣ - ٢٥٪ من الكالسيوم الغروى فى اللبن الجاموسى والبقرى بإضافة NaCl ولكن ١٠٪ فقط يتم ذوبانه فى لبن الماعز .

NaCl المضاف يتفاعل مع بروتينات اللبن . كمية NaCl التى تتفاعل مع بروتينات اللبن تزيد مع زيادة تركيز NaCl المضاف وينخفض بأنخفاض النشاط المائى a_w . يصل أرتباط NaCl بالباراكازينات أقصى حد عندما يصل قدرة البروتين على الأرتباط بالماء إلى أقصى حد .

عادة تختلف كمية الملح المضافة إلى اللبن فى صناعة الجبن الدمياطى بأختلاف فصل السنة ودرجة جودة اللبن . أرتفاع كمية NaCl المضافة للبن تؤدى إلى أرتفاع محتوى الرطوبة فى الجبن سواء الطازجة أو المخللة . أرتفاع نسبة الملح يضعف من الخثرة الناتجة التى تميل إلى احتجاز الرطوبة بدرجة أكبر . كما أن أرتفاع الملح يؤخر من تقدم الحموضة فى الجبن خلال عملية التحليل .

٦- تجبن اللبن

تحويل اللبن من الحالة السائلة إلى جل (خثرة) يعتبر خطوة أساسية فى صناعة جميع أنواع الجبن. يتكون الجل (الخثرة) نتيجة أضعاف ثبات البروتين بواسطة الكيموسين أو بالتحميض إلى pH قريب من نقطة التعادل الكهربى IEP للبروتينات أو بواسطة الحموضة والتسخين .

كما سبق الأشارة فى الفصل الرابع فإن عملية التجبن بالمنفحة عملية معقدة تحدث على مرحلتين أحدهما أنزيمية أساسية يتم فيها أتلاف قدرة الكاباكازين k-casein على حماية جسيمات الكازين بواسطة الكيموسين (المنفحة) حيث يتحلل الكاباكازين إلى شقين أحدهما غير محب للماء para- k-casein والثانى محب للماء glycomacropcptide (GMP) . هذا التفاعل يضعف بصفة عامة من ثبات الجزيئات الناتجة (باراكاباكازين) التى تتجبن فى وجود تركيز حرج من Ca^{2+} عند درجة حرارة ٢٠°م أو أعلا . المرحلة الثانية من عملية التجبن بالمنفحة عبارة عن عملية غير أنزيمية ثانوية تنتهى بتجميع جسيمات

الكازين المعاملة بالكيموسين لتكون بناء جل متماسك (خثرة curd).

يمكن أن يتم المرحلة الأولى من التجبن عند درجة حرارة منخفضة قد تصل إلى الصفر المئوى بينما المرحلة الثانية من التجبن عادة لا تتم عند درجة حرارة أقل من ١٥°م ولكن إذا تم تدفئة اللبن البارد المحتوى على المنفحة فإن التجبن يحدث بسرعة كبيرة . وقد أستثمر هذا الأساس فى الوصول إلى طريقة التجبن المستمر للبن حالياً فى صناعة كثير من أنواع الجبن .

كانت المنفحة الحيوانية حتى فترة قريبة تستخدم على نطاق واسع فى صناعة معظم أنواع الجبن. نظراً لزيادة الطلب على المنفحة وأرتفاع تكاليف إنتاجها مع التوسع فى صناعة الجبن على مستوى العالم مع نقص مصادر المنفحة الحيوانية نتيجة للتشريعات الموجودة فى كثير من دول العالم التى تمنع ذبح العجول الصغيرة فقد لجأت صناعة الجبن إلى تغطية أحتياجاتها من مصادر أخرى . وأصبحت المنفحة الميكروبية الناتجة من بعض الفطريات (*M.pusillus, M.miehei*) متوفرة فى الأسواق تحت أسماء تجارية مختلفة منذ ١٩٦١ (يرجع إلى الفصل الرابع). وقد وجد أن أكثر من ثلث الجبن الناتجة فى العالم مصنعة بأستخدام المنفحة الميكروبية بينما فى الولايات المتحدة تصل هذه النسبة إلى ٦٠٪.

تضاف المنفحة إلى اللبن فى صناعة الجبن لإنتاج خثرة تشبه الجل قد تكون طرية أو صلبة طبقاً لنوع الجبن المراد تصنيعه . خثرة المنفحة الطبيعية تتميز بأنها مرنة ، ناعمة متجانسة ويمكن تقطيعها بالسكين إلى شرائح بسهولة دون تكسير أو تفتيت . ويمكن التحكم فى درجة صلابة الخثرة الناتجة عن طريق تعديل كمية المنفحة المضافة ، درجة حرارة التجبن وحموضة اللبن عند إضافة المنفحة . أرتفاع درجة حرارة التجبن وحموضة اللبن مع إضافة المنفحة بكمية كبيرة تزيد من درجة صلابة الخثرة . قد يضاف $CaCl_2$ (لا يزيد عن ٠,٠٢٪) للأسراع من عملية التجبن وزيادة صلابة الخثرة .

وعادة تضاف المنفحة بكمية كافية لتكوين خثرة على درجة كافية من الصلابة يسهل تقطيعها بدون تكسير أو تفتيت فى ٢٥ - ٣٠ دقيقة بعد إضافة المنفحة . عموماً كمية المنفحة المضافة تختلف طبقاً لقوة المنفحة ، درجة حرارة التجبن ، حموضة اللبن وتركيب اللبن . تختلف كمية المنفحة المضافة من أقل من ٢ إلى ٧٥مل/١٠٠لتر لبن ودرجة حرارة التجبن من ٢١ - ٤١°م وحموضة اللبن نادراً ما تكون أقل من pH ٦,٣ أو زيادة فى الحموضة قدرها ٠,١٪ أو لا تقل عن حموضة اللبن الطبيعى.

تختلف فترة التجبن اللازمة لإنتاج مثل هذه الخثرة على درجة صلابة مرغوبة طبقاً لنوع الجبن حيث تكون فى جبن التشدر ، والجبن الهولندية ٢٠ - ٣٠ دقيقة ، فى الجبن

الأيطالية مثل الجرانا (البرمسان) ٩ - ١٠ دقيقة ، بروفلونو ١٠ - ١٥ دقيقة ، الرومانو ١٤ - ١٦ دقيقة ، الفتا ٤٥ - ٥٠ دقيقة ، الدمياطى ٢,٥ - ٣ ساعات .

فى بعض أنواع من الجبن التى تصنع بالتجبن الحامضى مثل Cottage والكوارج تضاف كمية صغيرة من المنفحة (٠,٥ إلى ٢مل/١٠٠ لتر لبن) لزيادة صلابة الخثرة . وفى جميع أنواع الجبن تخفف المنفحة بحوالى ٦ - ١٠ أمثالها بالماء لضمان توزيعها توزيعاً متجانساً فى اللبن . ويجب تقليب اللبن جيداً بعد إضافة المنفحة لمدة ٥ دقائق وذلك لمنع صعود حبيبات الدهن على السطح مما يؤدى إلى زيادة فقد الدهن فى الشرش عند التقطيع. التقليب الزائد أو لمدة طويلة يجعل الخثرة المتكونة تميل إلى التفتت وفقد الرطوبة بسرعة كما تزيد من فقد الدهن فى الشرش .

تعتبر درجة حرارة التجبن coagulation temperatur على درجة كبيرة من الأهمية فى تحديد فترة التجبن التى تتكون فيها الخثرة المطلوبة . عند درجة ٢١ - ٢٧°م فإن الخثرة المتكونة تكون طرية وتشبه الجل ، عند ٣٠°م تكون الخثرة أكثر صلابة ولا تفتت عند التقطيع بينما عند ٣٣ - ٣٦°م تكون الخثرة جافة ومطاطية وتطرد الشرش بصعوبة . وعادة يكون نشاط المنفحة ضعيف جداً عند درجة حرارة أقل من ٢٠°م وأعلا من ٥٠°م. درجة حرارة التجبن فى معظم أنواع الجبن تكون ٣٠ - ٣٢°م بينما فى بعض أنواع من الجبن الأيطالية مثل الرومانو والبرفلونو والجرانا تكون مرتفعة وتختلف من ٣٥ - ٣٩°م.

تتأثر صلابة الخثرة وتمام التجبن (قوة تماسك الخثرة curd tension) بعدة عوامل من أهمها :

١. تزداد قوة تماسك الخثرة بزيادة كمية المنفحة المضافة لكل ٤٥٠لتر لبن من ٢٨ إلى ١٤٠مل ولكن لا تزيد بعد ذلك بزيادة كمية المنفحة .
٢. تزداد قوة تماسك الخثرة بزيادة درجة الحرارة حتى ٤٠°م ثم تأخذ فى الأنخفاض .
٣. إطالة فترة التجبن تكون مصحوبة بأنخفاض فى قوة تماسك الخثرة إذا برد اللبن قبل إضافة المنفحة . تزاد قوة تماسك الخثرة بإضافة $CaCl_2$ حتى ٠,٠٧٪.
٤. أرتفاع نسبة الدهن فى اللبن يؤدى إلى إنتاج خثرة أكثر طراوة .
٥. إنخفاض pH يزيد من صلابة الخثرة حتى pH ٥,٨ بعدها تبدأ صلابة الخثرة فى الإنخفاض . عادة تضاف المنفحة عند pH ٦,٣٥ - ٦,٥ .
٦. إرتباط κ-casein بالبروتين الذى حدث له دنترة أو الأحماض الدهنية الحرة الناتجة من تحلل الدهن ، يؤثر على إتمام عملية التجبن .

٧. كمية بروتينات الشرش المحتجزة فى الخثرة تؤثر على درجة صلابة الخثرة .
٨. تخفيف اللبن بالماء يؤثر على قوة تماسك الخثرة .
٩. بعض المواد المجبنة مثل بعض أنواع من المنافح النباتية والميكروبية تنتج خثرة أكثر طراوة.

هناك نوعان من الصعوبات قد تظهر فى تكوين الخثرة . يرتبط النوع الأول من الصعوبات بعدم تكوين خثرة على درجة مناسبة من الصلابة فى فترة تجبن مناسبة أو عدم تجبن اللبن وتكوين خثرة متماسكة وقد يرجع ذلك إلى أكثر من سبب من الأسباب التالية:

١. استخدام منفحة ضعيفة أو كمية قليلة من المنفحة .
٢. إنخفاض درجة حرارة اللبن عند إضافة المنفحة .
٣. تسخين اللبن لدرجات حرارة مرتفعة أكثر من اللازم .
٤. اللبن غير طبيعى (يحتوى على لبن من مواشى مصابة بالتهاب الضرع أو لبن نهاية فصل الحليب أو سرسوب).
٥. اللبن مغشوش بإضافة ماء أو فورمالين أو مواد قلوية .

النوع الثانى من الصعوبات يكون مرتبط بعدم تجانس صلابة الخثرة المتكونة حيث تختلف صلابة الخثرة فى أماكن مختلفة من حوض التجبن أو ألتصاق الخثرة بمعدن الحوض فى أماكن مختلفة وعدم إنتظام أنفصال الشرش من الخثرة قبل التقطيع . ويرجع ذلك إلى :

١. عدم تجانس درجة حرارة اللبن فى حوض التجبن نتيجة عدم إنتظام التقليب أو إضافة المنفحة مباشرة عقب التسخين .
٢. عد تجانس توزيع المنفحة نتيجة عدم التقليب المنتظم أو تخفيف المنفحة بكميات قليلة غير كافية من الماء .
٣. التقليب بعد بدء التجبن .
٤. وجود ألبان غير طبيعية فى اللبن (سرسوب ، لبن مرض ألتهاب الضرع ، لبن نهاية فصل الحليب).

المعاملات التى يتعرض لها اللبن قبل إضافة المنفحة تؤثر على قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة وتكوين خثرة على درجة صلابة مناسبة . تسخين اللبن قبل إضافة المنفحة يزيد من صعوبة تجبن اللبن بالمنفحة ويرجع ذلك إلى حدوث دنترة لـ**β-lactoglobulin** (٧٢°م لعدة دقائق أو ٩٠°م/دقيقة) وتفاعله مع **$_k$-casein** وتكوين معقد يؤدى إلى صعوبة تجبن اللبن بالمنفحة .كما أن المعاملة الحرارية تؤدى إلى تحويل الكالسيوم الذائب إلى كالسيوم

غروى وبالتالى تقلل من وجود الكالسيوم الذائب (Ca^{2+}) اللازم لأتمام عملية التجبن (المرحلة الثانية من التجبن) . تخزين اللبن تحت ظروف التبريد قبل صناعة الجبن يزيد من مدة التجبن نتيجة لتحلل بعض β-,k-caseins وإذابة فوسفات الكالسيوم المرتبطة بجسيمات الكازين . بسترة اللبن أو تسخينه لدرجة حرارة مرتفعة يؤدى إلى إستعادة اللبن إلى حالته الطبيعية بدرجة كبيرة . هذا بالإضافة إلى أن تخزين اللبن مبرداً لفترة طويلة (٤-٧°م لمدة ٤٨ ساعة) يسمح بنمو البكتريا المقاومة للبرودة psychrotrophic bacteria وافراز أنزيمات محللة للبروتين والدهن مقاومة للحرارة وتسبب تحلل للكازينات خاصة β-casein وأنفراد Ca ، Pi من جسيمات الكازين لذلك يفضل معاملة اللبن حرارياً قبل تخزينه تحت ظروف التبريد لفترة طويلة وذلك للتغلب على هذه المشاكل .

تجنيس اللبن يؤدى إلى زيادة عدد حبيبات الدهن الصغيرة فى اللبن نتيجة عملية التجنيس والتى تمثل نقط ضعيفة فى الخثرة كما أن الخثرة الناتجة تكون أعلا فى نسبة الرطوبة كما أن زيادة مساحة سطح حبيبات الدهن ودرجة إنتشارها فى اللبن المجنس تؤثر على قدرة اللبن على تكوين الخثرة وقدرتها على حجز الرطوبة وتكون الخثرة الناتجة أكثر طراوة ونعومة وتحتوى على نسبة أعلا من الرطوبة بالإضافة إلى تقليل االفاقد من الدهن فى الشرش .

قد تتكون الخثرة من التجبن بالمنفحة والحموضة rennet and acid coagulation حيث تشبه الخثرة الناتجة الجل وتكون ذات مطاطية ملحوظة . فى صناعة بعض أنواع من الجبن الطرية غير المسواه يفضل أن يكون القوام قصير short أى غير مطاط ويمكن الحصول عليه بأستخدام أقل كمية ممكنة من المنفحة عند حموضة مرتفع حيث يضاف ٠,٥ إلى ٢مل/١٠٠لتر لبن بعد إضافة البادىء بحوالى ١-٢ ساعة عندما يكون pH ٦,١ إلى ٦,٣ وفى هذه الحالة يأخذ التجبن وقتاً طويلاً تصل خلاله الحموضة نتيجة لنشاط البادىء الذى يضاف إلى اللبن إلى درجة مرتفعة عند التقطيع كما هو الحال فى صناعة جبن Cottage والكوارج . وفى هذه الحالة فإن تكوين الخثرة يأخذ وقتاً طويلاً نسبياً يتراوح بين ٥ - ١٠ ساعات بعكس الحال فى التجبن الأنزيمى (المنفحة فقط) حيث يتم التجبن عادة فى مدة قد تقل عن ٣٠ دقيقة .

فى صناعة بعض أنواع من الجبن قد تتكون الخثرة بفعل الحامض فقط acid coagulation أى تتكون خثرة حامضية . تتكون الحموضة فى اللبن عادة نتيجة إضافة بادىء بكتريا حمض اللاكتيك . الخثرة الناتجة عادة تكون مفرولة وضعيفة وقدرتها على الأنكماش وطرد الشرش ضعيفة. تتراوح درجة حرارة التجبن فى هذه الحالة بين

٢١-٣٢°م ، إنخفاض درجة الحرارة عن هذا الحد يطيل من مدة التجبن ، يتم التجبن بواسطة الحموضة عند pH قريب من نقطة التعادل الكهربى للكازين IEP . عند درجة ٢٢°م وهي الدرجة التى تستخدم عادة فى هذا النوع من التجبن يحدث التجبن عند pH ٤,٧ فى غياب المنفحة وعند ٤,٨-٤,٩ فى وجود المنفحة ، أى عند حموضة قدرها ٠,٥٥٪ فى الشرش الذى يمكن الحصول عليه من هذه الخثرة بواسطة الطرد المركزى . وقد يتم التجبن عند درجات حرارة أعلا من ذلك وعند درجات حموضة أقل (pH ٥,٥ عند ٤٣°م ، ٥,١ عند ٣٠°م). الخثرة المتكونة بهذه الطريقة غالباً ما تكون عبارة عن كازين نقى تقريباً حيث أن زيادة الحموضة المتكونة فى اللبن تؤدى إلى إزالة الكالسيوم تدريجياً من كازينات الكالسيوم إلى أن تصل الحموضة أو pH إلى IEP لهذا البروتين .

توجد طريقتان لتكوين الخثرة الحامضية acid gel.الطريقة الأولى التى تعرف بالتحميض المباشر direct acidification وذلك بإضافة حامض معدنى أو عضوى أو خليط منهما إلى اللبن البارد مع عدم إضافة بادىء حيث يتم إضافة الحامض مباشرة إلى اللبن البارد (حوالى ٢°م) لخفض pH إلى ٤,٦ ثم تدفئة اللبن بدون تقليب لتتكون الخثرة . فى الطريقة الثانية حيث يتكون الحامض ببطء عند درجات حرارة أعلا سواء بواسطة بكتريا البادىء أو إضافة مادة منتجة للحموضة acidogen تتحلل ببطء لإنتاج حامض (مثل glucono-δ-lactone الذى يتحلل ببطء وينتج حامض جلو كونيك gluconic acid) الذى يؤدى إلى خفض pH إلى IEP للبروتين (pH ٤,٦) حيث يتجبن اللبن . فى صناعة جبن الموزاريلا يضاف إلى اللبن ، بعد بسترته وتعديل تركيبه ، عند درجة ٤°م حامض عضوى مسموح بإضافته إلى الأغذية food grade مثل حمض الستريك أو الخليك لخفض pH اللبن إلى ٥,٦ ثم يدفأ اللبن بدون تقليب إلى ٧°م لأحداث التجبن وتكوين الخثرة التى يتم معاملتها بعد ذلك بالطريقة العادية .

وتعتمد الطريقة المستمرة الحديثة لإنتاج جبن Cottage على طريقة التحميض المباشر حيث يضاف خليط من حمض اللاكتيك والفوسفوريك إلى اللبن البارد (٢-١٢°م) لخفض pH إلى حوالى ٥,٢ ثم يضاف glucono-δ-lactone(GDL) الذى يتحلل ببطء إلى حامض جلوكونيك gluconic acid الذى يؤدى إلى خفض pH إلى ٤,٦-٤,٨ فى خلال ساعة واحدة . تؤدى هذه الطريقة إلى إختصار مدة التصنيع بدرجة كبيرة حيث وجد أن الوقت اللازم من إضافة الحامض إلى اللبن الفرز إلى نهاية خطوة غسيل الخثرة يكون حوالى ٣٥ دقيقة . وقد وجد أن إضافة البادىء إلى اللبن لخفض pH إلى ٥,٥ قبل إجراء التحميض المباشر للبن يحسن بدرجة كبيرة من تركيب وقوام الناتج النهائى . وقد

وجد أن حجم جسيمات الكازين فى خثرة Cottage الناتجة بواسطة المنفحة الميكروبية تبلغ ضعف حجم الجسيمات فى الخثرة بدون منفحة مما يدل على أن المنفحة تساعد على تجميع جسيمات الكازين ويقلل من وقت التجبن . إضافة $CaCl_2$ (أقل من ٠,٠٢٪) إلى اللبن الفرز يحسن من صلابة الخثرة عند التقطيع فى صناعة جبن Cottage .

وهناك طريقة أخرى لتكوين الخثرة بأستخدام الحامض والحرارة acid and heat. تستخدم هذه الطريقة فى صناعة بعض أنواع من الجبن مثل Ricotta حيث تتكون الخثرة من لبن أو الشرش أو مخلوط منهما . يعتبر التجبن فى هذه الطريقة أساساً تجبن حامضى حيث يتم ترسيب البروتين بأستخدام درجات حرارة مرتفعة مع إضافة كميات صغيرة من حامض مخفف . ترفع درجة حرارة اللبن أو الشرش أو مخلوط منهما ببطء إلى نقطة عندها يحدث ترسيب كامل للبروتين عند إضافة كمية صغيرة من الحامض . تختلف درجة الحرارة من ٧٠-٩٠°م طبقاً لحموضة اللبن والشرش .

وفى صناعة جبن Queso blanco (جبن أبيض نصف طرى يستهلك طازجاً فى أمريكا الجنوبية والوسطى) يترسب البروتين من اللبن المسخن لدرجة حرارة ٨٢-٨٥°م لمدة ٥ دقائق مع إضافة حامض HCl , H_3PO_4 ، اللاكتيك ، الطرطريك ، الستريك وحمض الخليك الثلجى ، عصير فواكه ومركز شرش حامض . حمض الستريك والخليك الثلجى أكثر شيوعاً فى صناعة هذه الجبن .

٧- طرد الشرش Syneresis

تعنى syneresis طرد expel أو فقد loss الشرش من مكعبات الخثرة . وهذه العملية تتضمن إعادة تنظيم شبكة الكازين فى الخثرة نتيجة تكسير وإعادة تكوين بعض الروابط لتكوين بناء أكثر إندماجاً وتماسكاً بواسطة عديد من الروابط الفرضية .

الخثرة الأنزيمية rennet gel أو الخثرة الحامضية acid gel تحت ظروف ساكنة يحدث فيها طرد للشرش syneresis حيث تنكمش الخثرة ويطرد منها الشرش . تحت هذه الظروف فإن خثرة المنفحة تفقد ثلثى حجمها وقد يصل هذا الفقد إلى ٩٠٪ أو أكثر إذا استخدم ضغط خارجى . فقد الشرش غالباً ما يكون غير مرغوب فيه أثناء تخزين الناتج مثل اليوجهورت ، القشدة الحامضية ، جبن القشدة ، جبن الكوارج ، Cottage .

فى صناعة الجبن بالتجبن الأنزيمى أو الحامضى يعتبر طرد الشرش خطوة أساسية حيث تتضمن النواحى التالية :-

١. تنظيم محتوى الرطوبة فى الجبن .

٢. يؤثر معدل طرد الشرش على طريقة التصنيع وبالتالى الأمكانيات والمعدات والوقت اللازم للصناعة .
٣. معدل طرد الشرش يرتبط ببعض العوامل الأخرى (زياد الحموضة ، أتلاف أنزيمات المنفحة ، تحلل البروتين) التى تؤثر على تركيب وصفات الجبن الناتج.
٤. الأختلاف فى معدل طرد الشرش يؤدى إلى التباين فى تركيب الجبن الناتج .

طرد الشرش من الخثرة يؤدى إلى تحويل الخثرة الطرية التى تشبه الجل التى تكونت نتيجة عملية التجبن إلى خثرة صلبة نسبياً . يعتبر تنظيم هذه العملية أحد الفنون الرئيسية لصانع الجبن حيث أنها تحدد بدرجة كبيرة تركيب وجودة الجبن الناتج . وجود كميات زائدة من الشرش فى الخثرة يؤدى إلى إنتاج جبن حامضى sour نظراً لأن الشرش يحتوى على اللاكتوز المصدر الرئيسى لحامض اللاكتيك . التخلص من الشرش بمعدل بطىء أو سريع بدرجة أكثر من اللازم يؤدى إلى ظهور عيوب أخرى فى الناتج النهائى .

تبدأ عملية تنظيم طرد الشرش بداية من تعديل صفات اللبن والتى تستمر من خلال عمليات مراقبة تكوين الخثرة والتغيرات التى تحدث فى الخثرة . هذه العمليات الثلاث تحدد تأثير نشاط القوى التى تعمل داخل الخثرة لطرد الشرش . تتضمن هذه القوى : فعل المنفحة action of rennet فعل الحامض action of acid ، فعل الحرارة action of heat . تساعد العمليات الميكانيكية التالية هذه القوى الطبيعية فى تنظيم طرد الشرش من الخثرة : تقطيع الخثرة cutting the curd وسمط الخثرة heating the curd وأخيراً فصل الشرش من الخثرة separating the whey .

٧-١ - تقطيع الخثرة

يؤدى تقطيع الخثرة إلى زيادة المساحة الكلية للأسطح التى يمكن أن يهرب منها الشرش ، كما تساعد على إجراء عملية تسخين كتلة الخثرة بطريقة متجانسة . عادة تقطع الخثرة إلى مكعبات متجانسة فى الشكل والحجم بقدر الأمكان حتى يمكن إنجاز هذه الأهداف بنجاح وذلك بإستخدام سكاكين عرضية وطولية .

تؤثر حجم مكعبات الخثرة بعد التقطيع على معدل الصلابة ، سهولة معاملة الخثرة وتركيب الجبن texture فى بعض أنواع من الجبن . مكعبات الخثرة الأصغر تفقد الرطوبة بدرجة أسرع من المكعبات الأكبر حجماً حيث أن مساحة السطح الذى يهرب منه الشرش أكبر فى المكعبات الصغيرة عن المكعبات الكبيرة . فإذا كانت المكعبات غير متجانسة فى الحجم فإن الإختلافات فى محتوى الرطوبة فى المكعبات الكبيرة والصغيرة

تؤثر بدرجة غير مرضية على صفات الجبن النهائى . كما أن الخثرة التى تسمط على درجات حرارة أعلا يجب أن تقطع إلى مكعبات أصغر بينما التى تسمط على درجات حرارة أقل تقطع إلى مكعبات أكبر مالم تكون الخثرة عالية الحموضة .

يؤثر حجم المكعبات أيضاً على سهولة معاملة الخثرة ، عندما تكون حجم المكعبات كبيرة جداً فإنها تتكسر أو تتفتت بسهولة إلى قطع غير متجانسة فى الشكل والحجم مما يزيد الفاقد فى الشرش ويقلل المحصول الناتج . حجم المكعبات قد يؤثر على التركيب البنائى للخثرة texture حيث إنه فى تشكيل الجبن إلى شكله النهائى فإن هذه المكعبات يجب أن تتجمع وتلتصق مع بعضها . المكعبات الصغيرة تلتصق مع بعضها بإحكام وتكون فى الجبن فراغات أقل بينما المكعبات الكبيرة تكون فراغات كبيرة فى الحجم وقليلة فى العدد . لذلك فإن حجم مكعبات الخثرة يعتبر العامل الوحيد الذى يؤثر على حجم الفراغات openings فى الجبن .

بعد تكوين الخثرة يجب أن تمر فترة من الزمن قبل تقطيع الخثرة ومعاملتها للتخلص من الشرش الزائد . تختلف هذه الفترة من دقائق قليلة إلى بضع ساعات وخلال هذه الفترة تحدث بعض التغيرات بالخثرة أهمها :

١. تزداد صلابة الخثرة بدرجة محسوسة يمكن ملاحظتها بحاسة اللمس أو بميل الخثرة إلى الأنفصال عند تقطيعها بواسطة سكين حيث تخرج السكين نظيفة مع عمل قطع نظيف فى الخثرة .

٢. تزداد حموضة الخثرة بدرجة تختلف بإختلاف نوع الخثرة المتكونة حيث تكون الزيادة غير محسوسة فى حالة الخثرة المتكونة بفعل المنفحة فقط أو قد تكون الزيادة كبيرة ومحسوسة كما فى حالة الخثرة المتكونة بفعل الحامض حيث تصل الحموضة فى هذا النوع من الخثرة إلى pH ٤,٧ أو حموضة قدرها ٠,٤٥ - ٠,٦٪ .

٣. تنخفض قدرة الخثرة على الإحتفاظ بالشرش whey-holding capacity خلال هذه الفترة ويرجع ذلك إلى فعل المنفحة المستمر بعد تكوين الخثرة وكذلك زيادة الحموضة والتى تزيد من نشاط أنزيمات المنفحة والتى تؤثر أيضاً على طبيعة الخثرة .

وهناك علامات مختلفة تستخدم لتحديد الوقت المناسب لتقطيع الخثرة منها :

أ. صلابة الخثرة . وتقاس عادة بحاسة اللمس كما سبق الشرح

ب.الحموضة وقد تقاس بواسطة حاسة الشم أو التذوق أو التعادل بقلوى أو تقدير pH لعينة من الشرش يمكن الحصول عليها بالطرد المركزى لعينة من الخثرة المتكونة .

ج.قدرة الخثرة على الأحتفاظ بالشرش ويتعرف عليها بظهور نقط من الشرش مثل

حبيبات العرق على سطح الخثرة وقد تتجمع هذه النقط مكونة طبقة رقيقة من الشرش على سطح الخثرة .

ترتبط مدة التجبن وصلابة الخثرة ووقت التقطيع (الوقت الذى يتم عنده تقطيع الخثرة) أرتباطاً وثيقاً . التجبن السريع يعطى خثرة أكثر صلابة . يتحكم أساساً فى مدة التجبن بواسطة الحموضة ، طبيعة اللبن ، درجة حرارة التنفيح وكمية المفنحة المضافة . ترتبط النسبة بين وقت التقطيع إلى وقت التجبن بدرجة كبيرة بالجودة الكيماوية للبن حيث تزيد بزيادة كمية المنفحة وتنخفض حتى نقطة معينة بأرتفاع درجة الحرارة وترتفع بدرجة بسيطة إذا كان اللبن مبسترًا ولكن لا يتأثر بحموضة اللبن الأولية (عند البداية) بالرغم من أن النسبة قد تزيد زيادة طفيفة مع تقدم الحموضة . محتوى اللبن من الدهن لا يؤثر على هذه النسبة . تختلف هذه النسبة بأختلاف نوع الجبن ولكن عادة تكون حوالى ٣ (أى إذا كانت مدة التجبن ١٠ دقائق فإن التقطيع يتم بعد ٣٠ دقيقةمن إضافة المنفحة) وقد أوضح البعض أن وقت التجبن يمكن حسابه على اساس أنه يعادل ٤ أضعاف فترة التجبن (بداية التجبن) ولكن وجد آخرون أن النسبة تختلف بدرجة كبيرة ولا يمكن إستخدامها بهذه الطريقة .

عموماً فإن الخثرة التى تكونت بدرجة أسرع تكون أكثر صلابة . إضافة أملاح الكالسيوم أو الفوسفات تزيد من صلابة الخثرة . زيادة طفيفة فى الحموضة تزيد من صلابة الخثرة ولكن بعد مستوى معين تصبح الخثرة ضعيفة أو أقل صلابة . تسخين اللبن يبطء من معدل التجبن ويضعف من الخثرة وبالرغم من ذلك فإنه يمكن التغلب على ذلك بإضافة أملاح الكالسيوم فى الحدود المسموح بها (لايزيد عن ٠,٠٢٪ $CaCl_2$) .

٧-٢- تسخين الخثرة

تسخين heating الخثرة يسرع من فقد الرطوبة حيث أن التسخين يثبط من فعل المنفحة ويؤثر مباشرة على القدرة الطبيعية للخثرة على حجز الرطوبة water-holding capacity مما يزيد من صلابة الخثرة وتكوين بنائى للجبن texture يساعد على إتمام العمليات التالية من كبس وتمليح بسهولة .

التغيرات البسيطة فى درجة الحرارة يكون لها تأثير كبير ، لهذا فإنه ينصح بأن تتم عملية تسخين الخثرة ببطء حتى يمكن للحرارة أن تنفذ إلى داخل الخثرة قبل أن تنخفض نفاذية الأغشية المتكونة حول مكعبات الخثرة . فإذا حدث ذلك فإن مكعبات الخثرة يجب تقليبها بشدة لتكسير هذه الأغشية حتى تنطلق الزيادة من الرطوبة إلى الخارج مما يؤدى

إلى زيادة الفاقد من جوامد الجبن وكذلك الطاقة .

يطلق على عملية التسخين heating ، الطبخ cooking أو السمط scalding . أقصى درجات الحرارة التي تستخدم فى عملية الطبخ نادراً ما تزيد عن ٦٠°م وقد تصل إلى أعلا من ذلك فى حالة جبن Cottage حيث تصل درجة حرارة الطبخ إلى ٦٥°م . معظم أنواع الجبن تتطلب رفع درجة الحرارة بضع درجات ، أنواع أخرى لا تحتاج إلى عملية تسخين بعد التقطيع حيث تعبأ مباشرة .

عملية التسخين ترتبط أيضاً بنشاط بكتريا البادىء فى الجبن ، لذلك تتوقف درجة حرارة التسخين طبقاً لنوع الجبن . تسخن الخثرة فى الجبن التى تستخدم فى إنتاجها البادئات المحبة للحرارة المعتدل لدرجة لا تزيد عن ٤٠°م مثل التشدر والأيدام والجودا بينما تسخن خثرة الجبن التى يستخدم فى إنتاجها البادئات المحبة للحرارة المرتفعة إلى درجات حرارة مرتفعة بدرجة كافية قد تصل إلى ٦٠°م وللقضاء على البكتريا غير المرغوبة مع تشجيع نمو البكتريا المحبة للحرارة المرتفعة والضرورية فى عملية التسوية مثل الجبن السويسرية والأيطالية .

فى جبن الأيدام والجودا تسخن الخثرة عن طريق إزالة جزء من الشرش وأستبداله بماء درجة حرارته ٥٠-٦٠°م وهذا يؤدى إلى رفع درجة حرارة مخلوط الخثرة والشرش والماء إلى ٣٦-٣٧°م فى حدود ٣٠ دقيقة . تعادل كمية الماء المضافة ٢٥٪ من كمية اللبن المستخدمة فى التصنيع وهذا التخفيف يقلل من كمية اللاكتوز فى الخثرة وبالتالى يحد من نمو بكتريا البادىء . وقد وجد أن زيادة كمية الماء المضاف من ٣٠-٤٠٪ يؤدى إلى تقليل محصول الجبن بمقدار ٠,٥ - ١,٠٪ حيث تؤدى هذه العملية إلى إزالة ٩٠٪ من اللاكتوز وغيرها من المواد المنخفضة الوزن الجزيئى وكذلك ٥٠٪ من بروتينات السيرم . وفى جبن التشدر ترفع درجة حرارة الخثرة فى عملية السمط إلى ٣٨-٣٩°م فى حوالى ٣٥ دقيقة .

فى الجبن السويسرية مثل الأمينتال تسمط الخثرة إلى درجة ٥٣-٥٧°م حيث ترتفع درجة حرارة الخثرة إلى ٤٥°م بمعدل درجة واحدة لكل ٢ دقيقة ثم إلى ٥٣-٥٧°م بمعدل درجة واحدة لكل دقيقة وهذه المعاملة ضرورية للقضاء على البكتريا غير المرغوبة ويبلغ وقت السمط الكلى حوالى ٤٥ دقيقة .

فى الجبن الأيطالية تختلف درجة حرارة سمط الخثرة طبقاً لنوع الجبن حيث تسمط خثرة أنواع جبن الجرانسا (البرمسان) على مرحلتين ، فى الأولى حيث تسخن الخثرة فى الشرش إلى ٤٥°م خلال ١٥ دقيقة ثم تحجز لمدة ١٥ دقيقة ثم تسمط إلى ٥٤-

٥٨°م لمدة ٢٥ دقيقة وخثرة جبن البرفلونو إلى ٤٨-٥٢°م لمدة ١٥-٢٠ دقيقة وخثرة جبن الرومانو إلى ٤٥-٤٦°م لمدة ٢٨-٣٠ دقيقة.

فى الجبن Cottage تطبخ الخثرة برفع درجة الحرارة تدريجياً خلال ساعة للوصول إلى درجة حرارة بين ٥٣-٥٧°م حيث تتوقف الحموضة عندما تصل الحرارة إلى حوالى ٣٩°م ويمكن زيادة معدل التسخين بعد ذلك إلى ١,٥ - ٢°م لكل ٥ دقائق . تصل درجة حرارة الطبخ النهائية إلى ٥٣°م على الأقل للحد من الفساد الميكروبى وقد تصل إلى ٦٥°م إذا لزم الأمر للحصول على خثرة صلبة وجافة . وتبلغ فترة الطبخ حوالى ١,٥ - ٢ ساعة عند درجة ٥٣ - ٦٠°م . وقد وجد أن صلابة الخثرة والمادة الجافة فى الخثرة تزيد مع معدل التسخين فى نطاق ٠,١٨ - ٠,٥°م/دقيقة .

أنواع الخثرة التى تكون فيها المنفحة المادة المجبنة الرئيسية تميل إلى الألتصاق مع بعضها بعد التقطيع وأثناء التسخين . ويكون هذا التأثير واضحاً إذا تم التسخين بدرجة سريعة وإذا كان التقليب غير مناسب فى قوته وأستمراريته . هذا التكتل لقطع الخثرة يتعارض مع الهدف من عملية التقطيع ويعتبر غير مرغوب فيه وغير ضرورى . ولعلاج ذلك يجب أن تتم عملية التسخين ببطء مع تقليب الخثرة بشدة كافية لجعل مكعبات الخثرة منفصلة ولكن ليست صلبة أو جافة بدرجة تؤدى إلى تكسيرها أو تفتيتها .

عند تقطيع الخثرة يبدأ الشرش فى الظهور بين مكعبات الخثرة حيث تبدا الطبقة السطحية من البروتين فى تكوين فيلم أو غشاء شبه منفذ semi-permeable membrane حول كل مكعب يسمح بخروج الشرش . تسخين الخثرة بسرعة زائدة يؤدى إلى زيادة سمك وصلابة هذا الغشاء مما يقلل من نفاذيته ويحجز الشرش داخل مكعبات الخثرة . لذلك يجب أخذ الأحتياطات الكافية مع العناية التامة بالعمليات التصنيعية التى تلى عملية التقطيع للمحافظة على نفاذية هذا الغشاء وعدم تمزيقه حتى لا يؤدى إلى هروب الدهن والكازين من داخل مكعبات الخثرة وفقدها فى الشرش . يتوقف سرعة صلابة أو سمك هذا الغشاء على عدة عوامل من أهمها :

١- صلابة الخثرة عند التقطيع التى تتأثر بالمعاملة الحرارية للبن وحموضته وكمية المنفحة المضافة .

٢- حجم مكعبات الخثرة . حيث يتكون الغشاء بدرجة أسرع وأسمك نسبياً فى المكعبات الصغيرة .

٣- حموضة الخثرة . زيادة الحموضة تزيد من قدرة الخثرة على الأنكماش وتكوين الغشاء حول مكعبات الخثرة بدرجة أسمك .

٤- درجة حرارة السمط . يزداد سمك الغشاء بأرتفاع درجة حرارة السمط .

ويحدد نوع الجبن المراد إنتاجه سمك الغشاء المتكون حول مكعبات الخثرة . فى أنواع الجبن المرتفعة الحموضة يكون الغشاء سميكاً بحيث يمنع من هروب الشرش من مكعبات الخثرة ويبقى بالخثرة كمية أكبر من الشرش تساعد على تكوين الحموضة بدرجة كافية . فى أنواع الجبن المنخفضة الحموضة يتكون الغشاء ببطء بحيث يسمح بخروج الشرش .

تتضمن عملية تسخين الخثرة التقليب stirring والسمط scalding (الطبخ cooking). بعد تقطيع الخثرة وخروج جزء من الشرش تترك مكعبات الخثرة ترسب فى قاع الحوض تحت الشرش وتترك بضعة دقائق بدون تقليب ثم يبدأ فى تقليبها بحذر وببطء حتى لا تلتصق مكعبات الخثرة ببعضها أو بجدار وقاع الحوض مع العناية التامة حتى لا تتكسر أو تتفتت مكعبات الخثرة . يجب الأستمرار فى تقليب مكعبات الخثرة بصورة منتظمة ومنع إلتصاقها ببعضها حتى يستمر خروج الشرش منها حيث يكون أنفصال الشرش سريعاً فى البداية ثم يميل إلى البطء مع زيادة سمك الغشاء حول قطع الخثرة . يجب الأهتمام بمعدل التقليب حيث تؤثر على معدل فقد الشرش وأيضاً على درجة صلابة الخثرة.

سمط أو طبخ الخثرة يجعل شبكة بروتين الخثرة تنكمش وتطرد الشرش بدرجة أكبر . الزيادة فى درجة الحرارة يسرع أيضاً من نشاط البكتريا المحتجزة فى الخثرة مما يزيد من إنتاج حامض اللاكتيك الذى يؤدى إلى خفض pH ، تساعد هذه الحموضة فى أنكماش مكعبات الخثرة وطرد مزيد من الشرش منها .

التسخين على درجات حرارة منخفضة يؤدى إلى إحتجاز كمية أكبر من الرطوبة وبالتالى إحتجاز كمية أكبر من اللاكتوز فى الخثرة مما يؤدى إلى إنتاج نوع أكثر طراوة من الجبن حيث تتمكن بكتريا البادىء من تكوين الحمض بصورة سريعة خلال المراحل المبكرة لفترة التسوية القصيرة نسبياً . أما التسخين على درجات عالية فيؤدى إلى إنتاج خثرة أكثر جفافاً وصلابة وملائمة للحفظ لفترة أطول وللجبن بطيء التسوية . وتؤثر درجات الحرارة العالية فى السمط أيضاً على البروتين منتجة خثرة أكثر مرونة ومطاطية مثل تلك المطلوبة لجبن االأمينتال . تحتجز بكتريا البادىء فى الخثرة عند التنفيح وغالبيتها تحتجز فى جزيئات الخثرة بعد التقطيع ، وهذه البكتريا تخمر اللاكتوز الموجود فى رطوبة الخثرة منتجة حمض اللاكتيك والذى لا يمكن خروجه إلى الشرش فى الحال ، لذا فإن تركيز حمض اللاكتيك يكون مرتفعاً فى داخل جزيئات الخثرة ، ويسبب الحمض

تغيرات كيميائية معينة فى الكازين كما يؤدى إلى إذابة بعض من فوسفات الكالسيوم ، وفى نفس الوقت يحدث تسرب لمكونات الشرش بما فيها اللاكتوز إلى داخل جزيئات الخثرة لتحل محل المكونات التى استخدمت . تقدم الحموضة داخل وحول جزيئات الخثرة يسبب أنكماشاً أكثر وكلما كان البادىء أكثر نشاطاً كلما كان تكوين الحمض أسرع مما يؤدى إلى أنكماش جزيئات الخثرة بصورة أكبر وبالتالى سرعة طرد الرطوبة ، لذا فإن نمو بكتريا البادىء يساعد على تحديد معدل طرد الرطوبة من الخثرة وتسرب اللاكتوز إليها مرة أخرى ، كما يساعد على معدل إنتاج الحمض خلال المراحل الأخيرة من عملية التصنيع ، معظم الزيادة فى أعداد بكتريا البادىء فى صناعة جبن التشدر تحدث خلال صناعة الخثرة ، حيث أرتفع متوسط عدد *L.lactis* subsp. *cremoris* فى ١٥ عينة من جبن التشدر والذى صنع خلال فترة أكثر من ١٢ شهراً من ٢ x ١٠^{٧} cfu /مل فى اللبن بعد ٢٠ دقيقة من التلقيح إلى ٤ x١٠^{٨} cfu /جرام من الخثرة بعد ساعتين عند أقصى درجة حرارة للطبخ (٣٩°م) وإلى ١٠٤ x ١٠^{٩} cfu / جرام من الخثرة عند فصلها من الشرش بعد مرور ساعة وعشرين دقيقة .

فى الخثرة التى يكون فيها زيادة الحموضة بطيئة فإنه يفضل تسخين الخثرة لدرجة حرارة أقل ١-٢ درجة من الدرجة العادية حيث أن ذلك ينشط من إنتاج الحموضة نتيجة لنشاط بكتريا البادىء الذى يكون أسرع عند درجات حرارة أقل من ٣٩°م . يزداد فقد الشرش من الخثرة بإطالة فترة حجز الخثرة عند درجة الحرارة القصوى لعملية السمط وكذلك بزيادة درجة حرارة السمط أيضاً . رفع درجة حرارة السمط أعلا من المعدل المطلوب يقلل من تقدم الحموضة وقد يلجأ إلى هذا الإجراء فى حالة تقدم الحموضة بدرجة زائدة . يجب المحافظة على درجة حرارة السمط ثابتة طول عملية السمط إلى أن ترفع الخثرة من الشرش . إنخفاض درجة الحرارة بضع درجات (٢ درجة) تؤدى إلى تأخير صلابة الخثرة وبطء تقدم الحموضة . يجب الأستمرار فى عملية التقليب بعد الوصول إلى درجة السمط المطلوبة حتى تكون درجة حرارة الخثرة متجانسة وقد يحتاج ذلك ٥-١٠ دقائق . التقليب بعد هذه الفترة يجب أن يكون عند سرعة بطيئة لمنع ألتصاق الخثرة ببعضها وحتى يتم صرف الشرش .

عادة يقوم القائم بعملية صناعة الجبن بوقف عملية تقليب مخلوط الشرش والخثرة طبقاً لطريقة الصناعة . يعرف أنتهاء عملية التقليب بما يعرف **pitching point** عندما ترسب قطع الخثرة فى قاع الحوض . عادة يستمر فى تقليب خثرة الحموضة السريعة **fast acid curd** حتى يتم صرف الشرش . بينما فى خثرة الحموضة البطيئة يوقف التقليب

وتترك الخثرة ترسب فى القاع أو فى بعض الأحيان يتم تقليبها على فترات لمنع تكتل وألتصاق الخثرة بطريقة زائدة .

خثرة الجبن التى لم يتم تكوين التركيب البنائى texture فى حوض الصناعة مثل الأيدام ، الجودا ، الأمينتال والرأس فإن الخثرة تنقل مباشرة من الشرش إلى القوالب التى تكبس فيها . خثرة الجبن التى يتم تكوين التركيب البنائى texture فى الحوض مثل التشدر ، التششر تترك عند هذه المرحلة أو ترفع لإجراء عمليات أخرى على منضدة الترشيح draining ، ويتم صرف الشرش فى كلا النوعين من الجبن وتعرف هذه العملية بصرف الشرش wheying off ، draining أو running

٧-٣- العوامل التى تؤثر على طرد الشرش

٧-٣-١- المعاملات الحرارية للبن

المعاملة الحرارية التى تؤدى إلى حدوث دنترة لبروتينات الشرش تقلل بطريقة مضطردة من معدل طرد الشرش من خثرة المنفحة .وقد لاحظ البعض حدوث إنخفاض محدود نتيجة المعاملات الحرارية المعتدلة بينما لم يلاحظ ذلك البعض الآخر . وقد لوحظ أيضاً أن الأنخفاض فى معدل طرد الشرش غالباً ما يكون مرتبط أرتباطاً مباشراً بحدوث دنترة β-lactoglobulin . المعاملات الحرارية التى يتعرض لها اللبن الخال من بروتينات الشرش (صناعياً) من الصعب أن تؤثر على معدل طرد الشرش . إضافة κ-casein للبن يقلل من تأثير المعاملة الحرارية نتيجة تفاعل β-lactoglobulin بصفة أساسية مع κ-casein فى السيرم أثناء عملية التسخين وبالتالى تأثيره على جسيمات الكازين يكون أقل .

٧-٣-٢- التجنيس

تجنيس اللبن أو اللبن المعاد تركيبه recombined milk يقلل بدرجة كبيرة من معدل طرد الشرش ويكون ذلك مرتبطاً بإدخال بعض الكازين فى غلاف حبيبات الدهن والذى بدوره يمنع إنكماش شبكة البروتين المتكونة فى الخثرة نتيجة عملية التجبن . وقد وجد أن تجنيس الدهن فى الشرش ، حيث أن حبيبات الدهن لا تحتوى على كثير من الكازين على سطح حبيات الدهن ، يقلل من التأثير الضار للتجنيس على معدل طرد الشرش .

٧-٣-٣- إضافة بعض الأملاح

فى صناعة الجبن فإن غالباً ما يضاف بعض من $CaCl_2$ (حوالى ١ ملليمول) لتحسين عملية التجبن . وقد وجد أن إضافة كميات قليلة من $CaCl_2$ (حتى تركيز ١٠

ملليمول) يحسن من طرد الشرش لحد ما بينما وجد آخرون تأثير ضئيل أو عدم حدوث تأثير عند هذه المستويات من إضافة $CaCl_2$. يرجع التأثير الرئيسى لإضافة $CaCl_2$ إلى تأثيره فى خفض pH ، إذا ظل pH ثابتاً فإن إضافة $CaCl_2$ يؤدى إلى تقليل معدل طرد الشرش بينما إضافة $MgCl_2$ بسبب زيادة واضحة فى طرد الشرش . ويلاحظ أن نشاط أيونات Ca^{2+} يحسن من طرد الشرش بينما فوسفات الكالسيوم الغروية تحدث العكس . أيونات Mg^{2+} يكون لها تأثير مماثل لأيونات Ca^{2+} حيث أن فوسفات المغنسيوم أكثر ذوباناً من فوسفات الكالسيوم فإن إضافة $MgCl_2$ قد يسبب بعض الذوبان للفوسفات الغروية . إنخفاض pH يؤدى إلى ذوبان الفوسفات الغروية وزيادة فى نشاط Ca^{2+} . إضافة الفوسفات ، السترات ، الأوكسالات أو EDTA عند pH ثابت تسبب إنخفاضاً فى معدل طرد الشرش ، وهذه الإضافات تقلل بدرجة ملحوظة من نشاط Ca^{2+} كما أن إضافة الفوسفات يزيد من محتوى الفوسفات الغروية .

الزيادة فى التركيز الأيونى فى اللبن بإضافة أيونات احادية التكافؤ (مثل NaCl) لا يسبب أى تغيير فى البداية أو زيادة طفيفة فى معدل طرد الشرش حيث تؤدى إلى خفض كمية الفوسفات الغروية وأيضاً نشاط Ca^{2+} . الزيادة بدرجة كبيرة فى التركيز الأيونى بسبب إنخفاضاً فى معدل طرد الشرش ، ولكن اللبن المضاف إليه ملح يتجبن بدرجة ضعيفة بالمنفحة .

٧-٣-٤- التجبن

يتفق معظم الباحثين على أن تركيز المنفحة ليس له تأثير على معدل طرد الشرش بينما وجد آخرون أن إضافة المنفحة بكميات أكبر تسبب زيادة طفيفة أو إنخفاضا فى معدل طرد الشرش . وعموماً فإن كمية المنفحة المضافة تكون مرتبطة بالحصول على خثرة بدرجة صلابة مناسبة للتقطيع فى مدة معينة . ومن الأمور الهامة أنه يجب تقطيع الخثرة عند صلابة مناسبة ، التأخير فى عملية التقطيع يبطىء من معدل طرد الشرش بدرجة قليلة. كما أن أرتفاع درجة حرارة التجبن تؤدى إلى خفض معدل طرد الشرش أيضاً .

تجبن اللبن بالكيموسين أو الببسين لا يسبب تاثير محسوس فى معدل طرد الشرش من الخثرة. التجبن بواسطة أنزيمات محللة للبروتين من *M.miehei* أو *Endothia pasasitica* يسبب بطء قليل فى معدل طرد الشرش كما أن معدل الزيادة فى صلابة الخثرة يكون بطىء أيضاً . تقطيع الخثرة بعد ٤٥ دقيقة بدلاً من ٣٠ دقيقة من إضافة المنفحة لا يؤثر على معدل طرد الشرش .

الخثرة المتكونة بالحموضة فقط يكون معدل طرد الشرش فيها منخفض جداً إذا تركت بدون تقليب (ساكنة) . يصبح معدل طرد الشرش أبطأ بدرجة مضطردة إذا تركت الخثرة لمدة أطول بعد إضافة المنفحة وقبل عملية التقطيع . فى خثرة اللبن الفرز الحامضية المتكونة بواسطة البادىء (pH ٣,٨ - ٤,٥) فإن التقطيع يؤدى إلى طرد الشرش بمعدل أكبر حيث يطرد ما يقرب من ٤٠٪ من حجم اللبن فى صورة شرش . فى اللبن الذى يتجبن عند pH أقل من ٥,٠ فإن وجود المنفحة يسرع من طرد الشرش بدرجة ملحوظة والذى يزداد بزيادة كمية المنفحة المضافة .

٧-٣-٥- درجة الحرارة

تؤثر درجة الحرارة بدرجة كبيرة على معدل طرد الشرش فى خثرة المنفحة . معدل التغيير فى طرد الشرش مع درجة الحرارة (Q_{10}) يتناقص بإرتفاع درجة الحرارة . عند درجة ٢٥°م فإن (Q_{10}) يختلف من ٢,٥ إلى ١,٥ ، عند ٤٥°م تختلف من ١,١ إلى ١,٥ . وقد وجد أن معدل تغيير درجة الحرارة لا يؤثر على معدل طرد الشرش .حفظ اللبن لبعض الوقت عند درجة حرارة منخفضة قبل إضافة المنفحة قد يكون له تأثير ضار بدرجة قليلة على معدل طرد الشرش ، حجز اللبن لمدة ٢٠ ساعة عند ٥°م يقلل من معدل طرد الشرش بحوالى ٣٠٪ . أى تأثير ضار لتبريد اللبن قبل إستخدامه فى صناعة الجبن يمكن معالجته أو استعادته بتدفئة اللبن إلى درجة حرارة عالية نسبياً قبل إضافة المنفحة وهو إجراء يتبعه كثير من صانعى الجبن لضمان حدوث التجبن بطريقة عادية .

بالنسبة لتأثير درجة الحرارة على معدل طرد الشرش فى خثرة التجبن الحامضى فقد لوحظ أن فى خثرة اللبن الفرز المتكونة بفعل البادىء يحدث طرد للشرش بدرجة كبيرة بعد التقطيع عند ٦°م أو ٣°م .

٧-٣-٦- الحموضة

إذا تم تحميض اللبن إلى pH أقل قبل إضافة المنفحة فإن معدل طرد الشرش يكون أسرع . إذا إنخفض pH أثناء عملية طرد الشرش فإن ذلك يسرع من معدل طرد الشرش بدرجة أكبر عما لو تم ضبط pH مسبقاً قبل بدء عملية طرد الشرش حيث أن شبكة البروتين فى الخثرة تميل إلى الأنكماش نتيجة التغيير فى pH .

عندما يكون pH أعلا عند التقطيع فإن ذلك يؤدى إلى أنخفاض أكبر فى pH بعد التقطيع وبالتالى معدل طرد الشرش يكون أكبر . اللبن الذى تم تحميضه إلى pH منخفض جداً (٤,٥) فإن معدل طرد الشرش يكون ضعيف حتى بعد إضافة المنفحة . تأثير درجة

الحرارة على معدل طرد الشرش فى خثرة التجبن الحامضى (pH أقل من ٥,٢) قد تختلف بدرجة كبيرة عند pH أعلا .

٧-٣-٧- غسل الخثرة

غسل الخثرة washing (إضافة ماء بعد إزالة جزء من الشرش) يسرع من معدل طرد الشرش ويعطى محتوى رطوبة أقل بدرجة غير معنوية . ومع ذلك فإن غسل الخثرة قد يتطابق مع تغيير فى درجة الحرارة ومع أختلاف فاعلية التقليب ، حيث أن كل منهما يؤثر على معدل طرد الشرش . إضافة ماء أو كمية متساوية من الشرش عند نفس درجة الحرارة عند مرحلة معينة أثناء صناعة الجبن تؤثر على محتوى الرطوبة فى الخثرة ، محتوى الرطوبة فى الخثرة التى أضيف إليها ماء يكون أعلا فى حدود ٢٪ ولكن الأختلاف يمكن تفسيره بوضوح عندما يؤخذ فى الإعتبار الفرق فى المادة الجافة فى رطوبة الخثرة .

٧-٣-٨- الترشيح الفائق UF

الترشيح الفائق UF للبن وإضافة المنفحة للمركز retentate يسمح بصناعة خثرة بطريقة ينتج عنها شرش بكمية أقل أو لا ينتج عنها شرش تماماً . وفى الطريقة الأخيرة ، حيث يتم تركيز اللبن إلى تركيز يعادل تقريباً تركيز الجبن (غير المملح) المراد تصنيعه ، تعتبر UF عملية ناجحة فقط لأنواع الجبن الطرية . كمية الشرش الناتجة تختلف إختلافاً طفيفاً مع درجة تركيز اللبن . عادة يلعب pH دوراً هاماً فى تحديد محتوى الرطوبة فى الجبن الناتج ، pH أقل يؤدى إلى محتوى رطوبة أقل .

يرجع الإختلاف فى معدل طرد الشرش إلى الإختلاف فى الوقت الذى يمر من إضافة المنفحة إلى لحظة التقطيع . فى خثرة المنفحة يبقى حوالى ٢٪ k-casein دون أن يتحلل عند لحظة تقطيع الخثرة بينما تبلغ هذه النسبة حوالى ١٢٪ فى اللبن الذى تم تركيزه إلى الضعف بواسطة UF وتزداد هذه النسبة بزيادة التركيز . نتيجة لذلك فإن المراحل الأولى لتكوين الخثرة وطرد الشرش قد تتم بدرجة مختلفة لحد ما ويتوقف ذلك على لحظة تقطيع الخثرة .

٧-٣-٩- تركيب اللبن

يؤثر تركيب اللبن على عملية طرد الشرش ولكن هذا التاثير عادة لا يكون كبيراً. فى اللبن المحتوى على دهن أعلا يكون طرد الشرش أبطأ . عادة يتم تعديل تركيب اللبن فى صناعة الجبن بالنسبة للدهن ، أرتفاع الكازين يؤدى إلى بطء طرد الشرش .

قد يكون للمكونات الصغرى فى اللبن تاثير أكبر على طرد الشرش . يلاحظ أن

نشاط Ca^{2+} عامل مهم فى تحديد معدل طرد الشرش . يوجد إختلافات واضحة بين لبن أفراد القطيع فى معدل طرد الشرش لذلك فإن إضافة $CaCl_2$ تقلل بدرجة كبيرة هذه الإختلافات . وقد لوحظ أن مرحلة الحليب تحدث إختلافات طفيفة فى طرد الشرش قد يكون ذلك مرتبط أيضاً بنشاط Ca^{2+} .

اللبن الناتج من مواشى مصابة بمرض ألتهاب الضرع تكون قدرته على التجبن بالمنفحة ضعيفة ويقلل من معدل طرد الشرش . النمو الزائد للبكتريا المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة والمحللة للبروتين مثل *Pseudomonas* فى اللبن يقلل من طرد الشرش بدرجة ملموسة . من ناحية أخرى فإن تحلل البروتين بدرجة ملحوظة بواسطة نشاط البلازمين تؤثر تأثيراً كبيراً على طرد الشرش .كما لوحظ أن خثرة لبن الماعز المتكونة بالمنفحة يكون معدل طرد الشرش فيه أعلا منه فى اللبن البقرى ، معدل طرد الشرش فى لبن الغنم يكون أقل ويلاحظ أن اللبن الأخير يكون محتوى الكازين فيه أعلا .

٧-٣-١٠- التقطيع والتقليب

تقطيع خثرة المنفحة إلى مكعبات يؤدى إلى زيادة مساحة السطح الحر التى من خلالها يتم خروج الشرش ، قبل التقطيع تلتصق الخثرة بجدار الحوض ولا يحدث إنفصال للشرش على سطح الخثرة . وعموماً فإن تقطيع الخثرة تحسن بدرجة كبيرة من طرد الشرش وتنكمش مكعبات الخثرة الصغيرة بدرجة أكبر من المكعبات الكبيرة . عدم تجانس التقطيع يؤدى إلى وجود تباين فى محتوى الأجزاء المختلفة من الخثرة من الرطوبة والحموضة فى الجبن الطازج .

تقليب مخلوط الخثرة والشرش يسرع من طرد الشرش بدرجة ملحوظة ويرجع السبب الرئيسى إلى منع ترسيب مكعبات الخثرة بالرغم من أن الضغط على طبقات الخثرة المترسبة يكون أعلا ، أحتمال أنسياب الشرش من طبقات الخثرة يصبح قليلاً وبذلك يتوقف طرد الشرش بدرجة كبيرة . كما أن التقليب يسبب بعض الضغط على قطع الخثرة ، الضغط الخارجى يكون له تأثير كبير. أصطدام مكعبات الخثرة ببعضها أو مع المقلب يسبب زيادة فى الضغط قد يصل إلى ١٠٠ Pa ، بالرغم من أن متوسط الضغط الخارجى قد يصل إلى حوالى ١٠ Pa ويجب ملاحظة أن التقليب بقوة أكبر أو إزالة جزء أكبر من الشرش (الذى يسبب أصطدام بين مكعبات الخثرة بدرجة أكبر وبالتالى يسبب ضغط أعلا) قد يؤدى إلى طرد الشرش بدرجة أكبر .

صناعة الخثرة بالطرق الحديثة عادة تسمح بالتأثير بدرجة ملحوظة على معدل

طرد الشرش من خلال الأختلاف فى التقطيع ، التقليب وغيرها من عمليات التصنيع . فمثلاً حجم مكعبات خثرة المنفحة تؤثر على محتوى رطوبة الجبن ولكن التأثير يكون غالباً فى حدود ١٪ ماء فى الجبن حيث إنه من الصعب حدوث إختلافات كبيرة فى حجم مكعبات الخثرة فى نوع واحد من الجبن . إذا كانت حجم مكعبات الخثرة كبير فى البداية فقد يؤدى إلى زيادة تكسير أو تفتيت مكعبات الخثرة إلى دقائق صغيرة خلال عملية التقليب طالما ما زالت مكعبات الخثرة طرية . عندما تقطع الخثرة إلى دقائق صغيرة جداً فإنه يحدث فقد ملحوظ لدقائق الخثرة . التقليب لمدة أطول يسبب إنخفاضاً أكبر فى محتوى الرطوبة ولكن يلاحظ إنه يلزم التقليب لحد أدنى من الوقت ليعطى مكعبات الخثرة صلابة كافية . التقليب بعد ذلك يؤدى إلى إنخفاض فى محتوى الرطوبة فى الجبن بمعدل ٠٤, ٪ لكل دقيقة من التقليب فى الجبن النصف جافة .

بعد التقليب فإنه يسمح لقطع الخثرة لترسب فى قاع الحوض فإذا كانت الخثرة على درجة صلابة كافية فإنها تلتصق وتندمج ببعضها لدرجة محدودة فى الطبقات المترسبة ، استخدام أى ضغط خارجى إضافى يؤدى إلى فقد الشرش بدرجة كبيرة ، وقد يمارس ضغط أكبر على طبقات الخثرة المترسبة سواء ناتج من الخثرة نفسها أو بوضع لوح مثقب يوضع على الخثرة .

٧-٤- فصل الخثرة من الشرش

تفصل الخثرة من الشرش عند الوصول إلى الدرجة المطلوبة من الحموضة والصلابة. وتعتبر مرحلة مهمة فى تصنيع كافة أنواع الجبن حيث ترتبط بالحالة الطبيعية للخثرة . عملية فصل الخثرة من الشرش قد تكون سريعة فى بعض أنواع من الجبن بينما فى أنواع أخرى تحتاج إلى عدة ساعات . إذا تمت عملية التسخين للخثرة بعد التقطيع فإنه يسمح للشرش أن يبقى مع الخثرة على الأقل حتى تنتهى عملية السمط (كما فى جبن التشدر) وفى حالة عدم سمط الخثرة بعد التقطيع فإن صرف الشرش يبدأ فى الحال (كما فى جبن الخباز Baker's cheese).

تختلف طرق فصل الشرش عن الخثرة التى يطلق عليها drawing, running, draining أو dipping ، طبقاً لنوع الجبن . توجد طرق مختلفة لفصل الشرش من الخثرة تختلف طبقاً لنوع الجبن وفيما يلى أهم هذه الطرق :

١- توضع الخثرة فى أكياس من قماش الترشيح الذى يحجز الخثرة ويسمح للشرش بالأنسياب من خلاله كما فى جبن القشدة Cream cheese .

٢- تغرف الخثرة مباشرة من حوض التجبن إلى قوالب أسطوانية مثقبة موضوعة على ألواح خشبية أو ألواح معدنية مثقبة فوق مناضد الترشيح تحجز الخثرة وتسمح للشرش بالخروج . لا تكبس الخثرة فى هذه الطريقة ولا يستخدم أثقال للضغط على الخثرة للاسراع من طرد الشرش . هذه الطريقة تنتج جبن طرية مرتفعة فى نسبة الرطوبة وتترك لفترة ١-٢ يوم لأستكمال عملية الترشيح حيث تنكمش الخثرة خلال هذه الفترة وتصل إلى حوالى نصف أرتفاعها الأصلى على درجة حرارة الغرفة كما فى جبن الكممبير والدمياطى بأنواعه المختلفة .

٣- تغرف الخثرة فى أكياس من قماش أو شاش الترشيح . يكون الترشيح فى المراحل الأولى ذاتياً بدون إستخدام أثقال ولكن فيما بعد توضع أثقال بمعدل ١كجم/كجم خثرة . تستخدم هذه الطريقة فى تصفية الشرش فى الجبن الدمياطى بأنواعه المختلفة والجبن الأبيض المخلل فى بعض الدول الأروبية (بلغاريا ورومانيا ...) .

٤- يصرف جزء من الشرش مع التقليب المستمر ثم يعبأ مخلوط الخثرة والشرش فى قوالب إسطوانية مثقبة موضوعة فوق مناضد الترشيح على ألواح معدنية مثقبة تسمح للشرش بالخروج . تقلب القوالب على فترات طوال فترة الترشيح التى قد تصل إلى ٢٤-٤٨ ساعة وتساعد هذه الطريقة على أعطاء الجبن تركيب مفتوح كما فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese . وقد يستخدم أثقال خفيفة للمساعدة فى طرد الشرش كما فى جبن البريك Brick .

٥- بعد الأنتهاء من عملية السمط ووصول الخثرة إلى الحموضة والصلابة المطلوبة تترك مكعبات الخثرة لترسب فى قاع الحوض تحت سطح الشرش ثم يصرف الشرش من الحوض من خلال صمام عند نهاية الحوض . وقد تستمر عملية التقليب للمحافظة على مكعبات الخثرة منفصلة أو تترك بدون تقليب لتلتصق ببعضها فى كتلة واحدة حيث تتعرض لعملية تكوين التركيب البنائى للخثرة مثل الشدرنة . يقطع هذا النوع من الخثرة إلى قطع وتعبأ فى قوالب وتكبس تحت ضغط خفيف (مثل جبن التيلسيتTilsit) أو تطحن الخثرة فى طاحونة مناسبه إلى قطع صغيرة يتم تمليحها ثم توضع فى قوالب وتكبس تحت ضغط (مثل التشدر) .

٦- عندما تصل مكعبات الخثرة إلى درجة صلابة كافية فإنها تترك لتستقر فى القاع لمدة ١٠ دقائق ثم تفصل عن الشرش بأستخدام قماش خاص ثم تؤخذ كتلة الخثرة بعد تجميعها فى القماش خارج القدر (الحوض) حيث تعلق بعد ربطها على هيئة صرة فى خطاطيف لترشيح الشرش طول الليل ثم توضع فى قوالب معدنية أو خشبية

وتوضع فى المكبس مع أستخدام أثقال كما فى بعض أنواع من الجبن الأيطالية (مثل البرمسان) وجبن الأنواع السويسرية (مثل الأمينتال) .

٧- فى بعض أنواع من الجبن الطرية مثل الكوارج يتم فصل الشرش من الخثرة بواسطة الطرد المركزى للخثرة حيث تمرر الخثرة إلى فرازات يمكن بواسطتها التحكم فى كمية الشرش المطلوب التخلص منها وبالتالى نسبة الرطوبة فى الناتج النهائى .

تعتبر مرحلة فصل الخثرة من الشرش فى صناعة الجبن هامة نظراً لأرتباطها بالحالة الطبيعية للخثرة . فى بعض أنواع من الجبن مثل الأمينتال والتى يتطلب فيها نشاط محدود لبكتريا البادىء خلال صناعة الخثرة حيث يجرى فصل الخثرة من الشرش وتعبئتها فى قوالب لكبسها ، وتبدأ بكتريا البادىء فى النمو وإنتاج حمض اللاكتيك عندما تنخفض درجة الحرارة إلى الدرجة المناسبة . وفى الأنواع الأخرى من الجبن والتى تتطلب كميات كبيرة من حمض اللاكتيك فى الخثرة عند كبسها ، تفصل جزيئات الخثرة من الشرش وتترك لتلتصق مع بعضها حيث تتعرض لعملية تحسين تركيب الخثرة مثل الشدرنة cheddaring ويحدث خلالها استمرار تكاثر بكتيريا البادىء ، يقطع هذا النوع من الخثرة ، كما سبق الأشارة إليه، إلى قطع توضع فى قوالب وتكبس تحت ضغط خفيف (مثل جبن الأيدام والتيلسيت Tilsit) أو تمرر الخثرة إلى طاحونة لفرم الخثرة إلى قطع صغيرة يتم تمليحها ثم توضع فى قوالب وتكبس تحت ضغط عالى (مثل التشدر) .

درجة تكون الحمض بواسطة بكتريا البادىء خلال تصنيع الجبن لها تأثير واضح على التركيب الكيميائى والطبيعى للخثرة ، لذا فإن التحكم فى تقدم الحموضة يعتبر مهماً ويتحقق هذا عن طريق خفض أكبر للرطوبة والمحافظة على نمو بكتريا البادىء بحيث يؤدى تخمر اللاكتوز المتبقى فى ماء الخثرة إلى pH المطلوب . ويوجد الكازين فى خثرة المنفحة على هيئة باراكازينات الكالسيوم وعندما تتكون كميات محسوسة من حمض اللاكتيك فإنه يتفاعل تدريجياً ليزيل الكالسيوم وتظهر بالتالى المرونة والمطاطية فى الخثرة ، وإذا أستمر إنتاج الحمض على كل حال فإنه يتكون باراكازين خال من الكالسيوم ، كمية حمض اللاكتيك التى تنتجها بكتيريا البادىء فى خثرة الجبن الطازج تحدد الصورة التى يوجد عليها الكازين ، ففى أنواع الجبن المرتفعة الحموضة (مثل الكممبير، pH ٤,٦-٤,٨) يظهر كل الكازين فى صورة باراكازين حر ، أما فى جبن التشدر والأمينتال والأنواع المشابه له (pH ٥,٠-٥,٢) فإن الكازين يكون جزئياً مرتبطاً بالكالسيوم ، وبغض النظر عن هذا التأثير فإن الشكل الذى يوجد عليه البروتين يؤثر على مرونة ومطاطية الخثرة وهذا يؤثر على صفات الجبن الناتج .

٨- كبس الخثرة

يتم كبس الخثرة لأعطائه التركيب البنائى المرغوب والناتج من ألتصاق وأندماج مكعبات الخثرة مع بعضها فى كتلة متجانسة وتشكيلها إلى الشكل النهائى المتميز لكل نوع من الجبن لأجراء عملية التسوية . وتعتبر عملية الكبس المرحلة الأخيرة فى عملية طرد الشرش من الخثرة .

وتتكون عملية الكبس من مرحلتين حيث تعتبر المرحلة الأولى عملية كبس أولية تشكل الخثرة وتقلل من حجمها إلى الشكل والحجم النهائى وقد تستغرق هذه العملية ٣٠-٦٠ دقيقة مع تغليف الخثرة بالقماش وتبدأ المرحلة الثانية بعد تغليف الخثرة بالقماش وتستغرق ٦-٢٠ ساعة وعادة تأخذ ١٥ ساعة .

خلال عملية الكبس تلتصق قطع الخثرة وتندمج مع بعضها مكونة كتلة متجانسة. كما تساعد على طرد الهواء والشرش من الفراغات التى قد توجد فى الخثرة وذلك بأستخدام الضغط المناسب . والشرش الناتج من قوالب الخثرة أثناء عملية الكبس يأتى أساساً من أسطح قطع الخثرة وليس من داخل قطع الخثرة . الكبس بمفرده لا يؤدى إلى إنتاج تركيب مقفول .

عندما توضع الخثرة فى المكبس تحت ظروف طبيعية فإن الضغط المعتدل يجعل قطع الخثرة تلتصق وتندمج مع بعضها فى كتلة صلبة متجانسة . يجب أن يكون الضغط خفيفاً فى البداية ثم يزداد تدريجياً ويجب أن يتم بسرعة كافية لمنع أنفصال الخثرة فى قاع القوالب ويجب أن يصل الضغط إلى المطلوب فى خلال ٣٠ دقيقة . استخدام ضغط زائد فى المرحلة الأولى يؤدى إلى إحتجاز الشرش فى الفراغات بين قطع الخثرة ويسبب تركيب مفتوح .

بعض أنواع من الجبن يجب أن يتكون على سطحها قشرة rind ناعمة قبل عملية التسوية وفى هذه الحالة يجب أن يحافظ على خثرة هذه الجبن دافئة بدرجة كافية خلال عملية الكبس تسمح بألتصاق وأندماج قطع الخثرة على سطح الخثرة لتكون هذه القشرة متماسكة صلبة كما فى الجبن السويسرية والتشدر . هناك أنواع أخرى لا يتكون بها قشرة مثل جبن القشدة والخباز وهذه الأنواع يجب تبريدها أثناء عملية صرف الشرش وكبس الخثرة لأيقاف زيادة الحموضة ومنع نمو الميكروبات غير المرغوبة .

تتكون الخثرة من شبكة من البروتين تحجز بداخلها حبيبات الدهن ، الرطوبة ، اللاكتوز ، الأملاح المعدنية ، المواد النتروجينية غير البروتينية وكذلك البيتيدات وغيرها .

تحتوى الخثرة أيضاً على هواء وبعض الغازات (CO_2) . عندما تكون الخثرة دافئة تكون مطاطة elastic وطرية soft ، كما أن الدهن يكون أساساً فى حالة سائلة وكلوريد الصوديوم فى حالة وجوده يؤدى إلى إذابة بعض أسطح الكازينات كما إنه يؤدى إلى أنفراد بعض الماء . لذلك فإن سطح الكازين قد يصبح جافاً وصلباً إذا لم يسمح بإذابة الملح بسهولة فى الخثرة الدافئة . كبس الخثرة يجب أن يكون تدريجياً فى البداية حيث أن الضغط المرتفع فى البداية يضغط على الطبقات السطحية للجبن ويحجز الرطوبة فى جيوب أو فراغات فى قوام الجبن . درجة حرارة الجبن يجب أن تكون أقل من درجة حرارة الدهن السائل (٢٣-٢٦°م طبقاً لفصل السنة) حتى لا يتسرب الدهن من الخثرة ويفقد فى الشرش أو يملأ الفراغات الموجودة بين قطع الخثرة وبذلك تكون الجبن دهنية (شحمية) greasy .

فى بداية عملية الكبس تفقد الخثرة معظم الشرش وتقل كميته الخارجة منه تدريجياً بمرور الوقت حتى ينقطع تماماً . يختلف الوقت اللازم لكبس الخثرة طبقاً لنوع الجبن حيث تختلف من ٢-٣ ساعات فى الجبن المرتفعة فى نسبة الدهن والمنخفضة الحموضة وقد تصل إلى ٢-٣ يوم كما فى حالة خثرة الجبن الحامضية مثل التشدر . عادة يستخدم الضغط فى عملية كبس جبن التشدر لمدة ٢-٣ يوم وفى حالة قوالب الجبن block cheese فإن عملية الكبس تستمر لمدة ٢٤-٣٦ ساعة ، الكبس تحت تفريغ يكون لمدة ١٠-١٥ ساعة وهذا يسهل غسل القوالب وإعادة إستخدامها فى اليوم التالى .

استمرار عملية الكبس لمدة طويلة يؤدى إلى خفض درجة حرارة الخثرة وتطول الفترة بين عملية الكبس وتمليح الخثرة مما يؤدى إلى تحلل جزء كبير من اللاكتوز إلى حامض اللاكتيك وبالتالى يؤثر على صفات الجبن الناتج . عادة يستهلك اللاكتوز الموجود فى الخثرة فى فترة قصيرة بعد كبس الخثرة لذلك فإن الحموضة فى الخثرة بعد هذه الفترة تكون أعلا ما يمكن (pH أقل ما يمكن) . يعتبر pH ٥,٠ زائد الحموضة لعديد من الجبن الجافة ، فى جبن التشدر درجة pH المثلى تكون قريبة من ٥,٢ إلى ٥,٢٥ . الجبن الجافة التى يكون pH فيها ٤,٩ إلى ٥,٠ تكون عادة خثرة حامضية ، تركيب مفرول وخشن وقوام قصير .

فى بعض أنواع من الجبن يغير الشاش بعد بداية الكبس أى بعد المرحلة الأولى من عملية الكبس (التى تستغرق ٣٠-٦٠ دقيقة) حيث يساعد ذلك على تحسين القشرة وعدم ألتصاق الشاش بالقشرة وتفادى تكوين حواف سميكة لقرص الجبن . تقلب الأقراص عادة عند تغيير الشاش بعد إعادة كبسها فى المرحلة الثانية والتى تستغرق ما

يقرب من ٢٠ ساعة . بعد أنتهاء المرحلة الثانية من عملية الكبس تخرج الأقراص من القوالب وينزع منها الشاش بإحتراس حتى لا يحدث تمزيق للقشرة والمحافظة عليها بحالة سليمة . تجرى عملية تقليب الأقراص وتهويتها بعيداً عن التيارات الهوائية حتى لا يسبب جفافاً شديداً فى بعض الأجزاء قد يؤدى إلى حدوث تشققات فى القشرة .

٩- تمليح الخثرة أو الجبن

إضافة الملح (NaCl) إلى الأغذية له عدة مزايا ، بالإضافة إلى تأثيره الحافظ preservative effect فإن له دور هام من الناحية التغذوية فى الإنسان . من المعروف أن أحتياجات الأنسان من الصوديوم Na حوالى ٤ جرام فى اليوم وبالرغم من أن هذه الإحتياجات يمكن تغطيتها من محتوى Na فى الأغذية إلا أن NaCl المضاف يكون فى المتوسط حوالى ٣–٥ أضعاف الكمية المطلوبة لتغطية الإحتياجات الغذائية . أمتصاص كميات زائدة من Na يكون لها تأثير سام toxic أو على الأقل تأثير فسيولوجى غير مرغوب ، ومن أهمها أرتفاع ضغط الدم وزيادة أفراز الكالسيوم والذى يؤدى إلى لين العظام .

الجبن ، حتى عند أستهلاكها بكميات كبيرة ، تساهم بكمية قليلة نسبياً فى تغطية الإحتياجات الغذائية للجسم من الصوديوم ، ومع ذلك فقد يساهم الجبن بدرجة رئيسية فى حالات فردية عندما تستهلك كميات كبيرة من الجبن المرتفعة فى محتوى الملح (الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese ، الفتا ، الدمياطى) . وبالرغم من ذلك فإنه هناك إهتمام فى كثير من الدول لإنتاج جبن منخفضة فى الصوديوم low-Na cheese لفئة خاصة من الأفراد فإن الأتجاه السائد حالياً هو إحلال جزء أو جميع NaCl بكلوريد البوتاسيوم KCl إلا أن ذلك يؤثر على طعم الجبن ويسبب طعم مر الذى يرجع إلى طبيعة طعم KCl وليس نتيجة لتحلل البروتين بدرجة غير طبيعية ويمكن ملاحظة هذا الطعم فى الجبن التى تحتوى على أقل من ١٪ من KCl .

كما يرجع أهمية استخدام NaCl فى الأغذية إلى مساهمته المباشرة فى الطعم حيث أن مذاق الملح يفضله كثير من المستهلكين وتعتبر الملوحة أحد الأطعمة الرئيسية الأربعة . يرجع صفات طعم NaCl إلى شق Na حيث أن KCl له طعم مختلف . طعم الجبن الخال من الملح يكون عديم الطعم insipid ومماثل للماء watery حتى بالنسبة للأفراد الذين لا يتناولون الملح ، استخدام ٠,٨٪ NaCl عادة يكون كاف لإعطاء طعم مرغوب والتغلب على خلو الجبن من الطعم .

يؤثر NaCl على تسوية الجبن أساساً من خلال تأثيره على النشاط المائى a_w ولكن قد يكون له تأثيرات معينة أيضاً والتى ترجع جزئياً إلى a_w . يتضمن التأثير الرئيسى للملح ما يلى :

١. الحد من نمو ونشاط الميكروبات فى الجبن .

٢. الحد من نشاط الأنزيمات فى الجبن .

٣. أنكماش الخثرة مما يؤدى إلى طرد الشرش syneresis وبالتالى خفض الرطوبة فى الجبن والذى يؤثر أيضاً على نشاط الميكروبات والأنزيمات فى الجبن .

٤. حدوث تغيرات طبيعية فى بروتينات الجبن تؤثر على التركيب البنائى للجبن texture ، ذوبان البروتين ويحتمل التركيب البنائى للبروتين .

٩-١- تأثير الملح على نمو الميكروبات فى الجبن

فى جميع أنواع الجبن ما عدا الجبن الدمياطى ، يضاف NaCl بعد تكوين الخثرة ومع ذلك فإنه يلعب دوراً رئيسياً فى تنظيم والحد من الميكروفلورا فى الجبن وعادة ما يتم هذا التنظيم عن طريق تنظيم pH فى الجبن والذى بدوره يؤثر على التسوية والتركيب البنائى للجبن . يمكن تنظيم pH الجبن عن طريق :

١. خفض كمية اللاكتوز المتبقية فى الخثرة وذلك بغسل الخثرة بالماء (أنواع الجبن الهولندية مثل الأيدام والجودا ، جبن Cottage).

٢. القوة التنظيمية الطبيعية فى الجبن والتأثير السام لأيونات اللاكتات والتى تحدد الحد الأدنى الطبيعى للـpH (حوالى ٤,٥) كما فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese وأنواع الجبن الأيطالية الجافة.

فى معظم أنواع الجبن غير الأنجليزية ، عادة توضع الجبن فى القوالب بينما pH مازال مرتفعاً (أعلا من ٦,٠) ويستمر تقدم الحموضة أثناء عملية الكبس ونظراً لأن مستوى NaCl (أقل من ١,٥٪) يثبط من نشاط البادىء فإن مثل هذه الجبن عادة تملح بغمرها فى محلول ملحى أو يدعك سطح الجبن بملح جاف . فى أنواع الجبن الأنجليزية مثل أنواع جبن التشدر والستيلتون فإن pH يصل إلى الحد المطلوب عند تعبئة الخثرة فى القوالب ويضاف الملح للمحافظة على pH عند هذا المستوى .

تحتوى خثرة جبن التشدر والأنواع المشابهه على حوالى ٠,٦ إلى ١,٠٪ لاكتوز عند تعبئة الخثرة فى القوالب حيث يتخمر فى المراحل الأولى من التسوية من خلال نشاط البادىء المستمر ولكن يتوقف ذلك بدرجة كبيرة على مستوى الملح فى الرطوبة فى الجبن

salt-in-moisture level (S/M) وعلى مقاومة البادىء للملح . مزارع بادئات بكتريا حمض اللاكتيك التجارية تنشط فى وجود مستويات منخفضة من NaCl ولكن تثبط بدرجة كبيرة عند مستوى أعلا من ٢,٥٪ NaCl . لذلك فإن نشاط البادىء وقدرته على تخمر بقايا اللاكتوز يعتمد بدرجة كبيرة على مستوى S/M فى الخثرة .

عموماً فإن مزارع بادئات *L.lactis* subsp. *lactis* أكثر مقاومة للملح *L.lactis* subsp. *cremoris* ، ولكن هناك أيضاً أختلافات كبيرة بين سلالات *L.lactis* subsp. *cremoris* فى درجة حساسيتها للملح . إذا تم تثبيط نشاط البادىء بعد الصناعة فإن بقايا اللاكتوز يتخمر بواسطة بكتريا من غير بكتريا البادىء ولكن أعداد هذه البكتريا الموجودة ، الذى يتأثر بمستوى التلوث عند التمليح ، سرعة تبريد الخثرة التى تم كبسها ودرجة حرارة التسوية ، عادة تكون غير كافية لتخمر اللاكتوز بدرجة كبيرة لعدة أيام وبالتالى فإن الأنخفاض فى pH يكون بطيئاً .

عند تمليح خثرة الجبن كما فى جبن التشدر فإن NaCl ينتشر خلال كتلة الجبن فى خلال فترة قصيرة من الوقت . الملح الجاف الذى تم رشه على سطح قطع الخثرة يحتاج بعض الوقت لينتشر إلى داخل قطع الخثرة ليصل إلى المستوى الذى عنده يتم تثبيط البكتريا. نتيجة لذلك فإن بكتريا البادىء تستمر فى النمو وإنتاج الحامض عند مركز قطع الخثرة لفترة ملحوظة من الوقت بعد أن يقف نمو البكتريا على سطح الخثرة . وقد وجد أن pH ينخفض بدرجة أسرع وبدرجة أكبر عند مركز قطع الخثرة حيث يكون تركيز NaCl أقل عن سطح الخثرة فى الجبن التى تملح سطحياً . *S.salivarius* subsp. *thermophilus* أقل مقاومة للملح بدرجة كبيرة عن *L.lactis* subsp. *lactis* لذلك فإن التركيز الحرج له من NaCl ٠,٤ مول (٢,٣٤٪) يقابل a_w ٠,٩٨٤ مقارنة ١,١ مول (حوالى ٦,٥٪ NaCl (a_w = ٠,٩٦٥) لـ *L.lactis* subsp. *lactis* . كما أن *Lb.delbrueckii* subsp. *helveticus* و *Lb.lactis* subsp. *lactis* أقل مقاومة للملح حيث يتم تثبيطهما عند ٠,٩٥ ، ٠,٩ مول NaCl على الترتيب . تختلف مقاومة بكتريا حمض البروبيونيك Propionibacteria للملح بأختلاف pH فقد وجد أن تركيز ٦٪ NaCl ضرورى لتثبيط نمو سلالات سريعة النمو من Propionibacteria عند pH ٧,٠ ، ٣٪ عند pH ٥,٢ بينما سلالات بطيئةالنمو تكون أكثر مقاومة للملح عند pH ٥,٢ عنها عند pH ٧,٠ . كما أشار البعض إلى أن التركيز الحرج من NaCl لبكتريا *P.shermanii* ١,١٥ مول (حوالى ٦,٧٪ ، a_w = ٠,٩٥٥) . جبن الأمينتال تحتوى على أقل تركيز من الملح (٠,٧٪ ملح) مقارنة بالأنواع الرئيسية للجبن التى تحتوى على ملح . تعتبر الجبن المعرقة بالفطر Blue

cheese من أنواع الجبن المرتفعة فى الملح حيث تحتوى على ٣-٥٪ NaCl (ستيلتون أقل من ٣٪) . نمو جراثيم *P.roqueforti* ينشط فى وجود ١٪ NaCl ولكن يثبط عند تركيز أعلا من ٣ إلى ٦٪ طبقاً لنوع السلالة . وعادة يضاف ١٪ من NaCl مباشرة إلى خثرة الجبن المعرقة بالفطر قبل التعبئة فى القوالب وذلك لتشجيع نمو جراثيم الفطر وأيضاً لتساعد على تكوين تركيب مفتوح بدرجة أفضل والذى يسهل نمو الفطر . ونظراً لأن معظم هذه الجبن تملح سطحياً فإن إنتشار الملح من السطح إلى مركز الجبن يؤخذ فترة من الوقت بعد الصناعة ، التركيز المرتفع من الملح فى البداية على سطح الجبن يثبط من أنبات الجراثيم عند وقت حرج ويعتبر وجود مناطق خالية من نمو الفطر قريبة من السطح الخارجى من العيوب الشائعة فى هذه الجبن .المستويات المنخفضة من الملح (أقل من ٠,٨٪) ينشط من نمو *P.camemberti* حيث أن نمو هذا الفطر ضعيف .

إضافة الملح إلى الخثرة تساعد على تثبيط البكتريا غير المرغوبة وقد وجد أن *E.coli* تتطلب ١٢٪ ملح حتى يتوقف نموها إضافة إلى أنها قد تحفز عندما يصل التركيز إلى ٣٪ . وقف نمو البكتريا غير المرغوبة المحللة للبروتين والدهن بواسطة الملح مثل بكتريا حمض البيوتريك butyric acid bacteria له أهمية خاصة فى جبن الأيدام والجودا حيث تنتج مستويات منخفضة من حمض اللاكتيك خلال صناعة الخثرة .

٩-٢- طرق تمليح الخثرة أو الجبن

يضاف NaCl بصور مختلفة إلى جميع الجبن بما فيها جبن التجبن الحامضى بفعل بكتريا حمض اللاكتيك عند مرحلة معينة من تصنيعها لوقف نمو البكتريا غير المرغوبة ولتحديد نمو الأنواع المرغوبة وبالتالى ضبط معدل التسوية ليساعد فى حدوث التغيرات الطبيعية والكيماوية فى الخثرة وليعطى الجبن الناتج الصفات المرغوبة . توجد ٣ طرق رئيسية لتمليح الخثرة أو الجبن :

١. يضاف الملح الجاف مباشرة إلى قطع الخثرة عند نهاية عملية التصنيع حيث يرش الملح الجاف على مكعبات الخثرة أو قطع الخثرة بعد فرمها وتقلب معها جيداً وتترك حتى تذاب قبل الكبس كما فى جبن Cottage وجبن التشدر على التوالى (تمليح جاف).

٢. يدعك سطح الجبن بالملح الجاف كما فى الجبن المعرقة بالفطر (تمليح جاف) .

٣. غمر أقراص الجبن الطازج فى محلول ملحى brine ويعرف بالتمليح الرطب حيث تغمر أقراص الجبن فى محلول ملحى يصل تركيزه إلى ١٨ - ٢٢٪ NaCl

عند درجة حرارة تتوقف على نوع الجبن وتختلف من ٨-١٦°م كما يختلف وقت الغمر من ١٥ دقيقة إلى ٥ أيام طبقاً لحجم الجبن ونوع الخثرة كما فى جبن الأيدام والجودا والبرفلونو .

فى بعض الأحيان قد تملح الجبن بالطريقتين معاً (التمليح الرطب والجاف) كما فى جبن الأمينتال ، البرمسان ، الرومانو ، البريك . من الأمور غير المألوفة فى صناعة الجبن أن يتم التمليح بإضافة الملح مباشرة إلى اللبن وتعتبر الجبن الدمياطى الجبن الوحيد الذى يتم تمليحه بهذه الطريقة حيث يضاف ٨-١٥٪ ملح إلى اللبن قبل إضافة المنفحة لتثبيط نمو البكتريا والمحافظة على جودة اللبن.

٩-٣- ميكانيكية أمتصاص وأنتشار الملح فى الجبن

١- فى التمليح الرطب عندما توضع أقراص الجبن فى محلول ملحى يحدث أنتقال لجزيئات NaCl فى صورة Na^+ ، Cl^- من المحلول الملحى إلى الجبن نتيجة لفرق الضغط الأسموزى بين مصل الجبن والمحلول الملحى . نتيجة لذلك فإن الماء فى الجبن يتسرب إلى خارج شبكة البروتين فى الجبن لأحداث التوازن الأسموزى . كما أن جزيئات NaCl تنتشر تدريجياً إلى داخل الجبن .

٢- عند تمليح قطع الخثرة حيث يرش الملح الجاف على قطع الخثرة ويقلب جيداً ، يذوب بعض NaCl فى ماء السطح وينتشر ببطء إلى داخل قطع الخثرة لمسافة قصيرة ، وهذا يسبب تدفق عكسى للشرش من الخثرة إلى السطح الذى يؤدى إلى إذابة المتبقى من بللورات الملح ويكون محلول ملحى مشبع حول قطع الخثرة .ونظراً لأن مساحة السطح بالنسبة لحجم قطع الخثرة يكون كبيراً نسبياً فإن أمتصاص الملح يحدث من عدة أسطح فى نفس الوقت . لذلك فإن الوقت اللازم لأمتصاص الكمية المناسبة من الملح فى طريقة التمليح الجاف (١٠-٢٠ دقيقة) تكون أقل عما فى طريقة التمليح الرطب (٠,٥ إلى ٥ أيام طبقاً لحجم الجبن) .

٣- فى طريقة التمليح الجاف لسطح الجبن dry surface salting حيث ينظر إلى كتلة الخثرة على أنها قطعة خثرة كبيرة الحجم جداً وإذابة الملح الجاف فى رطوبة الطبقة السطحية يكون ضرورياً لأمتصاص الملح فى هذه الطريقة أيضاً . تسرب الماء من الجبن يؤدى إلى تكوين طبقة من محلول ملحى مركز على سطح الجبن ونتيجة لذلك يحدث أمتصاص للملح من خلال عملية الأنتشار . ونظراً لأن السطح الملامس لمحلول الملحى المركز لمدة طويلة (عدة أيام) فإنه يحدث أنقباض

لسطح الخثرة بدرجة كبيرة (نتيجة ترسيب البروتين بتأثير الملح salting-out of protein) وقد يؤدى ذلك إلى أن الفاقد من الرطوبة من منطقة السطح يكون مرتفعاً نسبياً وبالتالى يسبب أنخفاض فى أنتقال NaCl إلى الداخل لذلك فإن معدل أمتصاص الملح فى هذه الطريقة يكون بطيئاً مقارنة بطريقة التمليح الرطب .

كمية الملح التى تبقى فى الجبن المملح بالمحلول الملحى أو الملح الجاف على السطح تعتمد على تركيز المحلول الملحى ، ومحتوى الرطوبة فى الجبن والوقت ودرجة الحرارة التى تعرض لها وكذلك على معدل مساحة السطح إلى حجم الجبن . ينتشر الملح تدريجياً إلى داخل الجبن بعد التركيز الأولى للملح على سطح الجبن ويكون التوزيع النهائى للملح فى الجبن متجانسا تقريباً ، أما الملح الذى يرش على قطع الخثرة المفرومة فإنه يتوزع بسرعة فى خلال الجبن . يذوب الملح فى ماء الجبن مكوناً محلول ملحى ضعيف ويؤدى تركيزه الحقيقى إلى ضبط التسوية وحفظ الجبن . ومهما كانت طريقة تمليح الجبن أو كمية الملح المضافة فإن التأثير الحافظ للملح يعتمد على تركيز NaCl فى رطوبة الجبن (S/M) ، لذا فإن NaCl بتركيز قدرة ١,٦٪ فى جبن جاف به ٣٦٪ رطوبة فإنه يحتوى على محلول ملحى تركيزه ٤,٤٪ ($\frac{١,٦}{٣٦}$ x ١٠٠) والذى يعتبر كافياً لمنع نمو البكتريا المسببة للفساد المحتمل وجودها فى الجبن .

١٠- تغطية وتغليف الجبن

يتم تغليف الجبن بعد أنتهاء عملية الكبس مباشرة أو على فترات من تهوية الأقراص وحتى جفاف القشرة . يختلف تغليف الجبن بإختلاف نوع الجبن ونوع المواد المتوفرة حيث يتم تغليف الجبن بهدف :

١. وقاية الجبن بصفة عامة من الخدوش والشقوق وتحسين مظهر الجبن .

٢. تكوين غلاف يساعد القشرة على حفظ الجبن مما يساعد على تقليل سمك القشرة لتقليل الفاقد من الجبن إلى أقل قدر ممكن والذى يختلف بإختلاف حجم الجبن حيث يصل إلى أكثر من١٠٪ فى الأقراص الصغيرة بينما الأقراص الكبيرة فقد يصل إلى أقل من ٢٪ .

٣. تقليل الفاقد من الرطوبة بالبخر أو الرشح مما يؤدى إلى زيادة التصافى للجبن .

٤. وقاية الجبن من الإصابة بالميكروبات أو الحشرات وغيرها من الآفات .

وكانت الطرق المتبعة حتى وقت قريب تتركز فى لف الجبن بقماش من القطن وفوقه قماش من الكتان لوقاية الجبن والمحافظة على شكله حيث كان يدهن أسطح القرص

بمادة دهنية ثم تلف بالقماش وقد تعاد إلى المكبس لضغط القماش ليصبح جزءاً من قشرة الجبن . وقد كان أكثر المعاملات إنتشاراً دهن أسطح الجبن بالزيت أو الدهن أو الشمع حيث استخدم الشمع فى كل من كندا ونيوزيلندا وذلك بعد تجفيف الخشرة بعد التصنيع قليلا . أما الجبن الهولندية فكانت تغسل بماء ساخن وتصبغ بأحد صبغات الأنيلين وتغمر فى شمع أحمر بينما كانت تدهن أقراص الجبن الأيطالية بزيت الكتان بعد صبغ بعض أصنافها بلون أسود أو تدخينها .

١٠-١- استخدام الشمع فى تغطية الجبن

كانت تغطية الجبن بالشمع تستخدم فى معظم دول العالم منذ سنوات طويلة ولكن كان بعض من المحكمين والتجار يفضلون الجبن بدون شمع لأحتمال تلوث الجبن بالشمع المنصهر وتغيير طعمه كما كانت أنواع الشمع المستخدم غير ملاءمة وتتشقق بسرعة . وكان يستخدم نوعان من الشمع :

أ. الشمع المعدنى (شمع البرافين) ويتميز برخص ثمنه وسهولة استعماله ولكن قد يحتوى على روائح غير مرغوبة فيها تنتقل إلى الجبن إذا حفظ الجبن على درجة حرارة مرتفعة لعدة ساعات .

ب. شمع البللورات الأبرية وهو أحد منتجات البترول التى تكون على صورة بللورات أبرية دقيقة وهو أكثر مرونة وأقل عرضة للتشقق وضد الرطوبة وله قوة تحمل مرتفعة ونفاذية أفضل من الشمع العادى .

عند تغطية الجبن بالشمع يجب أن يكون سطح الجبن نظيفاً جافاً خالياً من أى نموات فطرية حيث يوضع الجبن بعد خروجه من المكبس مباشرة فى غرفة تكون الرطوبة النسبية فيها لا تقل عن ٦٥٪ وعلى درجة حرارة ١٠-١٥°م مع دفع تيار من الهواء الجاف داخل الغرف وترك مسافات بين أقراص الجبن تسمح بتقليب الأقراص مرتين على الأقل حتى يتم جفاف سطح الجبن فى خلال ٢٤ ساعة . تغمر أقراص الجبن بعد ذلك فى شمع برافين أو شمع البللورات الأبرية لمدة ٥ ثوان ويفضل غمر الجبن على درجة أعلا من ١٠٥°م لمدة تزيد عن ٦ ثوان تؤدى إلى زيادة الفاقد من الرطوبة .

تحفظ الجبن المغطى بالشمع على درجة ٩-١٠°م ولا تتجاوز ١٢°م خلال عملية التسوية . يمكن أن يتحمل الشمع درجة حرارة ١٨°م لبضعة أيام ، أرتفاع درجة الحرارة عن ٢٠°م يجعل الجبن المغطى بالشمع يميل إلى الطراوة وتصبح طبقة الشمع شحمية .

١٠-٢- استخدام غرويات البلاستيك فى تغطية الجبن

تحضر هذه الغرويات عادة من الخلات عديدة الفينيل مع قليل من كحول عديد الفينيل معلقين فى الماء مع أحد استرات حامض الستريك مثل استر الآستيل الثلاثى أو الثنائى مع حمض السوربيك أو البنزويك كمضاد للفطريات .عادة ترش هذه الغرويات على صورة رذاذ على سطح الجبن أو تدهن بفرشاه من الشعر وهناك كثير من الأعتراضات على استخدامها نظراً للفقد الكبير فى الوزن ونمو الفطريات حيث تتميز فقط بتحسين مظهر الجبن وتقليل الأيدى العاملة .

١٠-٣- الطرق الحديثة لتعبئة وتغليف الجبن

نظراً لأن الطرق القديمة مرتفعة التكاليف لما تتطلبه من أيدى عاملة كما أنها لم توفر الوقاية الكافية للجبن بالإضافة إلى الفقد الكبير وخاصة فى الأقراص الكبيرة نتيجة لتكوين قشرة سميكة مما أدى إلى تطوير طرق التعبئة والتغليف للجبن لتلبية رغبات المستهلك فى الحصول على عبوات مناسبة لأحتياجاته وجذابه وأيضاً لتغطية إحتياجات الأسواق المتزايدة . تتميز الطرق الحديثة بأنها أقتصادية وجذابة وبسيطة فى تنفيذها كما تحافظ على صفات الجبن مع حمايتها من الإصابة بالفطريات . يستخدم العديد من المواد فى تغليف الجبن من أهمها :

١- البارشمنت . يستخدم فى كثير من الدول فى تغليف منتجات الأغذية والألبان. وتنص المواصفات البريطانية على أستخدام البارشمنت النباتى فى تغليف الأغذية ويجب أن يتحلل عند غليه فى الماء وألا تزيد فيه نسبة الحديد على ٧٠ ، النحاس على ٣٠ ، الرصاص على ٠٢جزء فى المليون .

٢- رقائق الألمونيوم alminuium foil . تتميز بخفة وزنها ورخص ثمنها وعدم تغيير لونها كما أنها غير سامة وعادة تبطن بنوع مناسب من اللدائن لمنع تفاعلها مع الأغذية . ويستخدم بنجاح فى تغليف كثير من أنواع الجبن مثل جبن القشدة ، الجبن المعرقة بالفطر والكممبير . كما يمكن تبطينها من الداخل بسليولوز أو شمع برافين وذلك لمنع فقد الرطوبة خاصة عند درجات الحرارة المرتفعة نسبياً (١٥°م) وكذلك حمايتها من التشقق .

٣- الورق . يبطن الورق عادة بكحول عديد الفينيل ليصبح غير منفذ للدهن كما يغطى بالشمع لجعله غير منفذ للماء . ويعتبر الورق المبطن بالبوليثين أكثر مناسبة فى تعبئة الأغذية السائلة مثل اللبن إلا أن نفاذ الأكسجين من خلاله يقلل من صلاحيته

الذى يسمح بنمو الفطريات وأكسدة الدهن .

٤- الكارتون . قد يصنع من الورق المبطن أو من مادة بلاستيكية مثل بولى ستيرين polystyrene ويستعمل فى تعبئة الجبن المرتفع فى نسبة الرطوبة ومدة حفظه قصيرة مثل الريكوتا و Cottage وتتميز هذه العبوات بعدم أمتصاصها للدهن كما تعبأ الجبن الجافة وشديدة الجفاف مثل البرمسان والرومانو فى علب من الكارتون المبطن برقائق من الألمونيوم .

٥- العبوات الزجاجية . وتستخدم بكثرة فى تعبئة الجبن المطبوخ بأنواعه المختلفة ومن عيوبها تعرضها للكسر وثقل وزنها .

٦- العبوات المعدنية المبطنة بالبلاستيك . تستخدم فى تعبئة بعض أنواع من الجبن وتستخدم فى الخدمات العسكرية وفى الأماكن النائية حيث أن هذه العبوات تعمل على حماية الجبن بدرجة أكبر .

٧- الأغشية . تستخدم الأغشية فى تغليف غالبية أنواع الجبن وخاصة القطع الصغيرة أو الشرائح . يجب أن يتوفر فى الأغشية المستخدمة فى التغليف الشروط التالية :-

أ. أن يكون الغشاء قوياً ومقاوم للتمزق ويعطى حماية كافية للجبن من التلوث والإصابة بالفطريات والحشرات أثناء التسوية ، التخزين أو التوزيع وأن لا تتغير نفاذيته طول فترة الأستخدام .

ب. أن يكون قابل للتشكيل ويمكن لحامه جيداً بأستخدام الحرارة .

جـ. أن يكون غير منفذ للأكسجين أو بخار الماء . يعتبر قابليته لنفاذ CO_2 ميزه لبعض أنواع من الجبن .

د. ألا تتغير خواص الغشاء الطبيعية أو الكيماوية عند ملامسته للجبن .

هـ. أن يكون المادة المصنوعة منه الغشاء غير سامة وخاملة كيماوياً .

ز. أن يكون أقتصادياً .

تشمل أنواع البوليمرات الرئيسية المستخدمة فى تغليف الجبن على :

١- البوليثين polyethene (PE) . يتميز برخصه وعدم نفاذيته للرطوبة إلا أن قابليته لنفاذ الأكسجين وثانى أكسيد الكربون يجعل أستخدامه فى تغليف الجبن محدود . يتميز البوليثين بالمتانة والمقاومة ويستخدم فى تبطين العبوات الورقية كما فى تترابك tetra pack .

٢- البولى فينيل polyvinly(PVC) أو البولى فينليدين كلوريد

polyvinylidine(PVDC) . ينتج من التجمع الجزيئي لكلوريد الفينيل أو مع جزيئات احادية من الفينيليدين كلوريد ليعطي مجموعة كبيرة من المواد عديدة الأستعمالات ويستخدم بكثرة فى تغليف الجبن .

٣- السليولوز cellulose . مادة غير بلاستيكية وتستخدم فى عمل أغشية مركبة مع البوليثين .

٤- البولى بروبيلين polypropylene . يشبه فى خواصه البوليثين ولكنه أقوى وأكثر مقاومة للحرارة حيث يمكن استخدامه فى تعقيم المواد بداخله فى ماء مغلى .

٥- البولى ستيرين polystyrene . يتميز بدرجة مقاومة عالية للكيماويات والدهون ويتحمل التخزين إلا أن نفاذيته عالية بالنسبة للغازات والرطوبة مقارنة بغالبية أنواع البلاستيك الأخرى المستخدمة فىأغشية التغليف مما يؤدى إلى عدم صلاحيته فى معظم أغراض التغليف . عادة يستخدم في صناعة الكرتونات القوية والتى تكون فيها الكرتونات من الورق المشمع أو المبطن غير كافية كما هو الحال فى عبوات اليوجهورت .

٦- الساران saran . وهو عبارة عن بوليمر من البولى فينيل والبولى فينليدين وهى مادة لها خواص متميزة تستخدم فى تبطين أنواع البلاستيك الرخيصة كالبوليثين .

٧- البليوفيلم pliofilm . عبارة عن مادة من المطاط المعامل تشبه البوليثين غير منفذة لبخار الماء وتسمح بنفاذ الغازات وهى من أول المواد التى استخدمت فى تغليف الجبن. وقد وجد أن الجبن المغلف به يفقد حوالى ٠,٤٤٪ مقابل ٥,٨٪ عند تغطيته بالشمع فى مدة ١٤ أسبوع .

٨- السليولوز المعامل (السليوفان - الفيسكوز) . تنتج من معاملة الكربوهيدريت فى الخشب بالكيماويات وتصلح لجميع الأغذية ويستخدم مع بوليمر له خصائص مكملة مثل الساران أو يغطى بطبقة سميكة من الشمع أو مع cryovac أو يكون غشاء مركب مع البوليثين أو البليوفيلم وعادة يكون مناسب للتخزين .

٩- النيلون nylon . وهى مادة بولى أميد و لم تنجح فى تغليف الجبن مثل البوليمرات الأخرى.

١٠- السلوفان cellophane . يمتاز بشفافية ومطاطية ومقاوم للحرارة وغير ذائبة فى الماء والدهن يستخدم فى تغليف الجبن وغيره من الأغذية ويوجد فى ألوان مختلفة .

١٠-٤- التغليف بالأغشية المركبة Laminates

تستخدم الأغشية المركبة فى تغليف الجبن عديم القشرة حيث تصنع الخثرة فى قوالب على هيئة متوازى مستطيلات يتم تعريضها لضغط مرتفع مدة ٢٤ ساعة أو أكثر ثم يغلف القالب بالغشاء تحت ضغط ويتم لحامه بالحرارة . تتكون عادة الأغشية من مادتين أو أكثر مضغوطة مع بعضها ويطلق عليها الأغشية المركبة . عادة توضع القوالب المغلفة فى صناديق خشبية للمحافظة على شكلها أثناء التسوية .يجب التخلص من الهواء عند التغليف للتخلص من الأكسجين كما يراعى أن تكون نسبة الرطوبة منخفضة (الجبن الجافة وشديدة الجفاف) حتى يسهل تغليفها حيث أن الجبن المرتفعة فى نسبة الرطوبة (الجبن الطرية ونصف طرية) يصعب تغليفها بهذه الطريقة حيث ينمو عليها الفطر بسهولة.

تتكون الأغشية المركبة من طبقيتين أو ثلاث من مواد مختلفة وذلك بلصقها بمادة لا صقة ذائبة فى الماء أو أى مذيب أو مادة لاصقة تسيل بالحرارة أو بالضغط أو الأثنين معاً. تتميز الأغشية المركبة بأن أحد مكونات الغشاء يعطى النفاذية المرغوبة بينما الآخر يعطى المتانة والقوة المطلوبة . كما يمكن بالأغشية المركبة استخدام غشاء سميك فيه مادة رخيصة فقيرة فى الصفات كدعامة لغشاء رقيق من مادة مرتفعة الثمن ذات صفات متميزة مثل البولى فنيليدين كلوريد . تقاوم الأغشية المركبة الدهون والزيوت والبلل بالماء ومن أكثر المواد أستخداماً فى الأغشية المركبة : الورق مع المشمع ، السيلولوز مع المشمع ، السيلولوز مع البوليثين ، السيلولوز مع البولى فينليدين كلوريد ، الورق مع البوليثين ، الورق مع فينليدين كلوريد ، البوليثين مع البولى استر ، الرقائق المعدنية مع البوليثين. وتتميز هذه الأغشية بسهولة مرور بخار الماء والغازات (الأكسجين وثانى أكسيد الكربون). هناك ثلاث وسائل يتم عن طريقها هذا النفاذ وهى :

أ. تثقيب الغشاء كما فى الرقائق المعدنية .

ب.وجود قنوات أو ممرات دقيقة (مجهرية) طبيعية كما فى الورق .

ج.الأنتشار خلال المادة المتجانسة ، مثل آلية مرور بخار الماء خلال السيلوفان والأكسجين وثانى أكسيد الكربون خلال البوليثين حيث يذوب الغاز على أحد سطحى الغشاء ويتبخر من السطح الآخر .

يؤثر كل من الحرارة والرطوبة النسبية فى سرعة انتشار الغاز فى (جـ) ولها تأثير ضعيف فى مرور الغاز خلال الثقوب (أ ، ب) . من المعروف أن درجات الحرارة التى

تستخدم فى تسوية وتخزين الجبن تتراوح من صفر إلى ٢٠°م إلا إنه تحت الظروف المحلية يمكن أن ترتفع درجة الحرارة إلى أكثر من ٣٠°م لذلك من المحتمل أن تتأثر كفاءة مواد هذه الأغشية فى نفاذية الغازات .

يمكن أن يستخدم نمو الفطر مقياساً واضحاً لدرجة نفاذ الأكسجين من خلال الأغشية إلا أن بعض الأغشية لا تنفذ بدرجة كافية لنمو الفطريات وأنما تكون كافية لحدوث أكسدة الدهن على السطح .

١٠-٤-١- بعض أنواع الأغشية المركبة

نظراً لأن أهم العوامل فى تغليف الجبن الطبيعى فقد الرطوبة ونفاذية الأكسجين فإن غالبية الأغشية المستخدمة تحتوى على بولى فنيليدين كلوريد (PVDC) بدرجة كبيرة حيث يؤدى وجوده إلى تقليل نفاذ الأكسجين وبخار الماء إلى أقل حد ممكن وعند خلطه بالبولى اثيلين فإن نفاذ الأكسجين وبخار الماء خلالهما يقل بدرجة كبيرة .

تتطلب جميع أنواع الجبن حد معين من الأكسجين لا يتعدى ٥سم^{3} /١٠٠بوصة/٢٤ ساعة على درجة حوالى ٢٣°م ، ٢-٥٪ رطوبة نسبية . وتختلف الأغشية المركبة فى درجة نفاذيتها للأكسجين كما يتضح من الجدول التالى :

نوع الغشاء	نفاذية الأكسجين سم^{3} / ١٠٠ بوصة/٢٤ ساعة
• سيلولوز /بولى فينليدين /بولى اثيلين	٠,٥سم^{3}
• بولى استر/بولى فينليدين /بولى اثيلين	١,٠سم^{3}
• بولى أميد/بولى فينليدين /بولى اثيلين	٠,٥سم^{3}
• بولى بروبين/بولى فينليدين كلوريد/ سيلولوز /بولى اثيلين	٠,٥سم^{3}
• بولى بروبيلين/بولى فينليدين كلوريد/ سيلولوز /بولى اثيلين	٢,٠سم^{3}

من الواضح أن جميع هذه الأغشية المركبة قابليتها لنفاذ الأكسجين منخفضة . وفيما يلى أهم الأغشية المركبة المستعملة :

١ . الغشاء المركب من سيلولوز /البولى فنيليدين كلوريد/بولى ايثلين :

يستخدم فى تخزين الجبن لفترة طويلة ، لا ينفذ الرطوبة ويستخدم فى التعبئة تحت تفريغ أو فى جو من النتروجين ويستخدم فيه طبقة البولى ايثلين للصق الحرارى . هذا الغشاء غير مرتفع التكاليف ويستخدم لتغليف شرائح الجبن . من عيوب هذه الأغشية عدم المرونة والمتانة ومقاومة الاحتكاك مما يجعلها غير ملاءمة لقطع الجبن الصغيرة وقوالب

الجبن.

٢. الغشاء المركب من بولى استر/بولى فينليدين كلوريد/بولى اثيلين :

يتميز بمتانة أكبر وقلة فقد الرطوبة مقارنة بالأغشية المركبة الأخرى إلا أنه غير مقاوم للاحتكاك الناجم عن النقل والتداول وقابل للتشقق ومرتفع التكاليف .

٣. الغشاء المركب من النايلون/البولى فينليدين كلوريد/بولى ايثلين :

وجود النايلون فى الغشاء يعطيه صفات ممتازة لمقاومة الأحتكاك والمرونة والنفاذية وقابلية للصق بالحرارة . ويلاحظ أن جميع أغشية النايلون ليست مناسبة لتغليف الجبن ويتغير خاصية النايلون لحب الماء إذا ما أضيف البولى فنيليدين كلوريد فى التركيب النهائى.

٤. الغشاء المركب من بولى بروبيلين/بولى اثيلين/بولى فنيليدين كلوريد/سيلولوز /بولى اثيلين.

وهو من الأغشية المفضلة فى تغليف الجبن حيث أنه يتميز بمقاومة عالية للأحتكاك ومرونة ممتازة إلا أن خاصية تشكيله ضعيفة حيث لا يلتصق بإحكام على سطح الجبن عند تعبئته تحت تفريغ .

ومن مميزات التغليف بالأغشية :

١. توفير الأيدى العاملة بدرجة كبيرة .
٢. حماية الجبن من التلوث ومهاجمة الفطر والحشرات .
٣. انخفاض الفاقد من الرطوبة حيث يصل الفاقد فى مصانع الجبن إلى ما يقرب من الصفر بينما فى الطرق التقليدية تختلف من ٣-١٢٪ طبقاً لنوع الجبن .
٤. أقتصادية وسهلة التنفيذ وتناسب تغليف القطع الصغيرة من الجبن مما بسهل التداول والتوزيع فى الأسواق .
٥. يمكن تخزين كمية أكبر من الجبن فى المتر المكعب الواحد دون الحاجة لضبط الرطوبة فى غرف التسوية أو التخزين ولا تحتاج إلى تقليب أثناء التسوية أو التخزين.
٦. يمكن صناعة وتسوية الجبن بدون قشرة بحيث يمكن أستهلاكها جميعها بدون فقد .

وعادة يتم تغليف الجبن الجافة والنصف جافة للتسوية حيث تغلف الجبن الطازجة بعد ٢٤ ساعة من عملية التمليح فى أغشية PVDC تحت تفريغ واللحام . بهذه الطريقة تتم تسوية الجبن بدون إجراء عمليات إضافية أخرى . ومن الأغشية الأخرى المناسبة لعملية التسوية السيلولوز مع PE أو PVDC مع السيلولوز و PE . كما تستخدم الأغشية التالية فى تغليف الجبن للتسويق :

- السيلولوز : الجبن الجافة والنصف جافة .

- بولى فينيل كلوريد (PVC) : الجبن الطرية غير المسواه (الطازجة) .
- بولى سترين : الجبن الطرية غير المسواه (الطازجة) .
- بولى فينيليدين كلوريد (PVDC) : الجبن الجافة والنصف جافة وشرائح الجبن المطبوخ .
- بولى أيثين (PE)/ سيلولوز أو PVDC : الجبن الجافة والنصف جافة وشرائح الجبن المطبوخ .
- رقائق الألمونيوم : الجبن المسواه بالفطر (سطحياً أو داخلياً)

١٠-٥- طرق التغليف

تستخدم أغشية غير منفذة للرطوبة مثل السيلوفان أو البلايوفيلم لتغليف الجبن وتخزينه لفترة قصيرة ٣-٧أيام . بينما تستخدم أغشية تتميز بالمقاومة العالية والمتانة وعدم النفاذية لتغليف الجبن للتخزين لفترة طويلة مثل غشاء pakkafilm وهو عبارة عن سيلولوز مبطن بالشمع وكذلك أغشية ميثاثين والذى يتركب من السيلولوز/بلايوفيلم/والملينكس/بوليثين ، السيلولوز/بوليثين . كما يستخدم ستافان ويتكون من البلايوفيلم/بوليثين/البولثين بولى استر بينما يستخدم الكريوفاك فى التغليف فى صورة أكياس .

وتوجد طريقتان للتغليف :

أ. التغليف بالأغشية تحت الضغط الجوى مع اللحام . تستخدم فى تغليف قوالب الجبن المكعبة أو المتوازى المستطيلات .

ب. التغليف فى أكياس تحت تفريغ بأستخدام أو عدم استخدام الحرارة ويستعمل لجميع أشكال الجبن أو أجزائها .

يؤدى التغليف تحت تفريغ للتخلص من الأكسجين ومنع الأكسدة ونمو الميكروبات الهوائية. وعندما يكون الغشاء مرن فإن التفريغ يساعد على ألتصاق الغشاء على الجبن ويؤخذ شكله . يتم النغليف فى أستخدام ماكينات آلية ذاتية الحركة للتغليف حيث يتم تغليف الجبن فى صور مختلفة كأقراص كبيرة أو مكعبات أو كرات أو شرائح ويستخدم التغليف تحت التفريغ لشرائح الجبن مع وضع قطع من الورق بين كل شريحة وأخرى لمنع ألتصاق الشرائح ببعضها . كما أن استخدام الغاز الخامل عند التعبئة يؤدى إلى حماية الناتج من الفساد .